

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number : 09-027611

(43) Date of publication of application : 28.01.1997

(51)Int.Cl. H01L 27/15  
H01L 31/10  
H01L 31/12  
H01S 3/18

(21) Application number : 07-198203

(71)Applicant : SEIKO EPSON CORP

(22) Date of filing : 11.07.1995

(72)Inventor : MORI KATSUMI  
KONDO TAKAYUKI  
KANEKO TAKEO

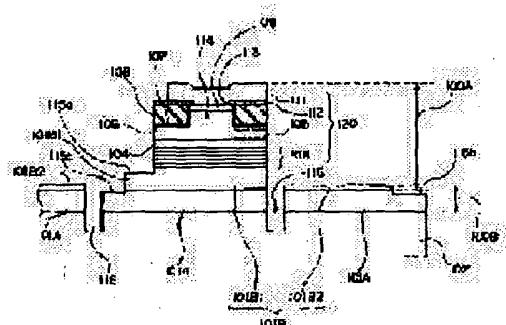
(54) SURFACE LIGHT EMITTING SEMICONDUCTOR LASER WITH PHOTODETECTOR AND ITS MANUFACTURE AS WELL AS SENSOR USING THE LASER

**(57)Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a surface-emitting semiconductor laser with photodetector capable of satisfactorily securing the laser oscillation characteristics in a photoemitting part as well as the photocurrent conversion efficiency in a photodetecting part.

**SOLUTION:** The first conductivity type semiconductor layer 101A and the second conductivity type semiconductor layer 101B are laminarily formed in at least two regions on a high resistant semiconductor substrate 102. Next, an optical resonator 120 emitting light in the vertical direction to the semiconductor substrate 102 is formed on the second conductivity type semiconductor layer 101B in one region in the substrate 102. On the other hand, a photodiode is composed of the first and second conductivity type semiconductor layer 101A, 101B2 in the other region on the substrate 102. The second conductivity type semiconductor layer 101B1 in one region is formed in thickness exceeding 1.

m to be used for the lower electrode for current implantation. Furthermore, the second conductivity type semiconductor layer 101B2 comprising the photodiode in the other region is formed in thickness not exceeding 1. m after performing etching step.



## **LEGAL STATUS**

[Date of request for examination] 14.12.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-27611

(43)公開日 平成9年(1997)1月28日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>  
H 01 L 27/15  
31/10  
31/12  
H 01 S 3/18

識別記号 庁内整理番号  
8832-4M  
8832-4M

F I  
H 01 L 27/15  
31/12  
H 01 S 3/18  
H 01 L 31/10

技術表示箇所  
B  
D  
B  
A

審査請求 未請求 請求項の数22 FD (全17頁)

(21)出願番号 特願平7-198203

(22)出願日 平成7年(1995)7月11日

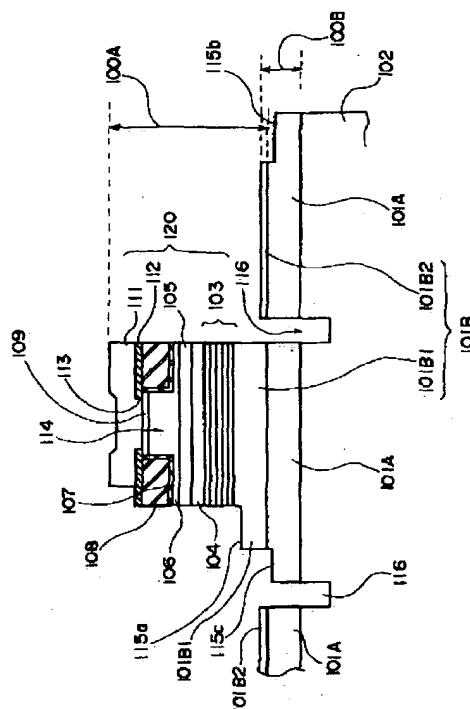
(71)出願人 000002369  
セイコーエプソン株式会社  
東京都新宿区西新宿2丁目4番1号  
(72)発明者 森 克己  
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコ  
エプソン株式会社内  
(72)発明者 近藤 貴幸  
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコ  
エプソン株式会社内  
(72)発明者 金子 丈夫  
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコ  
エプソン株式会社内  
(74)代理人 弁理士 井上 一 (外2名)

(54)【発明の名称】光検出部を備えた面発光型半導体レーザ及びその製造方法並びにそれを用いたセンサ

(57)【要約】

【課題】発光部でのレーザ発振特性と、光検出部での光-電流変換効率とを、共に良好に確保できる光検出部付きの面発光型半導体レーザを提供すること。

【解決手段】高抵抗の半導体基板102上の少なくとも2つの領域に、第1導電型半導体層101Aと、第2導電型半導体層101Bとが積層して形成される。基板102上的一方の領域には、第2導電型半導体層101B上に、半導体基板102と垂直な方向に光を射出する光共振器120が形成される。基板102上の他方の領域では、第1、第2導電型半導体層101A、101B2にてフォトダイオードが構成される。一方の領域の第2導電型半導体層101B1が1μm以上の厚さで形成されて、光共振器120への電流注入用の下部電極として用いられる。さらに、他方の領域にてフォトダイオードを構成する第2導電型半導体層101B2は、エッチング後に1μm未満の厚さに形成される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 高抵抗の半導体基板上の少なくとも2つの領域にそれぞれ、第1導電型半導体層と、第2導電型半導体層とが積層して形成され、一方の領域には、第2導電型半導体層上に、前記半導体基板と垂直な方向に光を出射する光共振器が形成され、他方の領域では、前記第1、第2導電型半導体層にてフォトダイオードが構成され、前記一方の領域の前記第2導電型半導体層が $1\text{ }\mu\text{m}$ 以上の厚さで形成されて、前記光共振器への電流注入用の下部電極として用いられ、前記他方の領域にて前記フォトダイオードを構成する前記第2導電型半導体層が、 $1\text{ }\mu\text{m}$ 未満の厚さに形成されていることを特徴とする光検出部を有する面発光型半導体レーザ。

## 【請求項2】 請求項1において、

前記一方の領域での前記第2導電型半導体層の厚さが $5\text{ }\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする光検出部を備えた面発光型半導体レーザ。

## 【請求項3】 請求項2において、

前記第2導電型半導体層のキャリア濃度は、 $5\times 10^{17}\sim 2\times 10^{19}\text{ cm}^{-3}$ であることを特徴とする光検出部を備えた面発光型半導体レーザ。

## 【請求項4】 請求項1において、

前記一方の領域での前記第2導電型半導体層の厚さが、 $2\sim 3\text{ }\mu\text{m}$ であることを特徴とする光検出部を備えた面発光型半導体レーザ。

## 【請求項5】 請求項4において、

前記第2導電型半導体層のキャリア濃度は、 $1\times 10^{18}\sim 1\times 10^{19}\text{ cm}^{-3}$ であることを特徴とする光検出部を備えた面発光型半導体レーザ。

【請求項6】 請求項1乃至5のいずれかにおいて、前記他方の領域での前記第2導電型半導体層の厚さが $0.8\text{ }\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする光検出部を備えた面発光型半導体レーザ。

【請求項7】 請求項1乃至5のいずれかにおいて、前記他方の領域での前記第2導電型半導体層の厚さが $0.5\text{ }\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする光検出部を備えた面発光型半導体レーザ。

【請求項8】 請求項1乃至7のいずれかにおいて、前記光共振器は、

一対の反射ミラーと、

前記一対の反射ミラーの間に形成され、少なくとも活性層及びクラッド層を含む多層の半導体層と、を有し、前記多層の半導体層の少なくとも前記クラッド層を含む上層側が柱状に形成された柱状部分とされ、前記柱状部分の周囲に絶縁層が埋め込み形成され、前記柱状部分の端面に臨んで開口を有する上部電極がさらに設けられ、前記一対のミラーのうちの光出射側ミラーが前記開口を覆って形成されていることを特徴とする光検出

部を備えた面発光型半導体レーザ。

## 【請求項9】 請求項8において、

前記一対の反射ミラーのうち、前記第2導電型半導体層上に形成されたミラーは半導体多層膜ミラーであり、前記光出射側のミラーが誘電体多層膜ミラーであり、前記一対のミラー間に形成される前記多層の半導体層は、

前記半導体多層膜ミラー上に形成された第1クラッド層と、

前記第1クラッド層上に形成された、量子井戸構造の活性層と、

前記活性層上に形成された第2クラッド層と、前記第2クラッド層上に形成されたコンタクト層と、を含み、前記第2クラッド層及び前記コンタクト層により前記柱状部分が構成されていることを特徴とする光検出部を備えた面発光型半導体レーザ。

【請求項10】 請求項1乃至9のいずれかにおいて、前記一方の領域での前記第1導電型半導体層と前記他方の領域の前記第1導電型半導体層との間と、前記一方の領域の前記第2導電型半導体層と前記他方の領域の前記第2導電型半導体層との間とが、それぞれ電気的に絶縁されていることを特徴とする光検出部を備えた面発光型半導体レーザ。

【請求項11】 高抵抗半導体基板上の第1の領域に面発光型半導体レーザを形成し、前記基板上の第2の領域にフォトダイオードを形成するにあたり、

(a) 前記基板上の前記第1、第2の領域に共通して、第1導電型半導体層と、 $1\text{ }\mu\text{m}$ 以上の厚さの第2導電型半導体層と、一対の反射ミラー及びその間に形成される多層の半導体層にて形成される光共振器のうち光出射側の反射ミラーを除く各層と、を順次エピタキシャル成長させる工程と、

(b) 前記エピタキシャル成長層の前記第1の領域について、少なくともクラッド層を含む前記多層の半導体層の上層側を柱状にエッチングして柱状部分を形成する工程と、

(c) 前記柱状部分の周囲に絶縁層を埋込形成する工程と、

(d) 前記柱状部分の端面に臨んで開口を有する上部電極を形成する工程と、

(e) 前記開口を覆って光出射側の反射ミラーを形成する工程と、

(f) 前記エピタキシャル成長層の前記第2の領域を、前記第2導電型半導体層の途中までエッチングして、前記第2導電型半導体層の厚さを $1\text{ }\mu\text{m}$ 未満に形成する工程と、

を有することを特徴とする光検出部を備えた面発光型半導体レーザの製造方法。

【請求項12】 高抵抗半導体基板上の第1の領域に面発光型半導体レーザを形成し、前記基板上の第2の領域

にフォトダイオードを形成するにあたり、

(a) 前記基板上の前記第1、第2の領域に共通して、第1導電型半導体層と、 $1\mu m$ 以上の厚さの第2導電型半導体層と、半導体多層膜ミラーと、第1クラッド層と、量子井戸構造の活性層と、第2クラッド層と、コンタクト層とを順次エピタキシャル成長させる工程と、

(b) 前記エピタキシャル成長層の前記第1の領域について、前記第2クラッド層の途中まで柱状にエッチングして、前記第2クラッド層及びコンタクト層から成る柱状部分を形成する工程と、

(c) 前記柱状部分の周囲に絶縁層を埋込形成する工程と、

(d) 前記柱状部分の端面に臨んで開口を有する上部電極を形成する工程と、

(e) 前記開口を覆って誘電体多層膜ミラーを形成する工程と、

(f) 前記エピタキシャル成長層の前記第2の領域を、前記第2導電型半導体層の途中までエッチングして、前記第2導電型半導体層の厚さを $1\mu m$ 未満に形成する工程と、

を有することを特徴とする光検出部を備えた面発光型半導体レーザの製造方法。

【請求項13】 請求項11又は12において、

前記工程(a)では、前記第2導電型半導体層のキャリア濃度を、 $5 \times 10^{17} \sim 2 \times 10^{19} \text{ c.m}^{-3}$ とし、前記第2導電型半導体層の厚さを $5\mu m$ 以下に形成することを特徴とする光検出部を備えた面発光型半導体レーザの製造方法。

【請求項14】 請求項11又は12において、

前記工程(a)では、前記第2導電型半導体層のキャリア濃度を、 $1 \times 10^{18} \sim 1 \times 10^{19} \text{ c.m}^{-3}$ とし、前記第2導電型半導体層の厚さを、 $2 \sim 3\mu m$ に形成することを特徴とする光検出部を備えた面発光型半導体レーザの製造方法。

【請求項15】 請求項11乃至14のいずれかにおいて、

前記工程(f)では、前記第2導電型半導体層の厚さを $0.8\mu m$ 以下に形成することを特徴とする光検出部を備えた面発光型半導体レーザの製造方法。

【請求項16】 請求項11乃至14のいずれかにおいて、

前記工程(f)では、前記第2導電型半導体層の厚さを $0.5\mu m$ 以下に形成することを特徴とする光検出部を備えた面発光型半導体レーザの製造方法。

【請求項17】 請求項11乃至16のいずれかにおいて、

前記工程(a)では、少なくとも第2導電型半導体層及びその上層の前記ミラーのエピタキシャル成長時に、所定波長の光を前記第2導電型半導体層及びその上層の前記ミラーに照射して、その反射スペクトルを検出し、そ

の反射率プロファイルを測定することにより、前記第2導電型半導体層及びその上層の前記ミラーの膜厚を制御することを特徴とする光検出部を備えた面発光型半導体レーザの製造方法。

【請求項18】 請求項11乃至17のいずれかにおいて、

前記工程(f)では、少なくとも第2導電型半導体層及びその上層の前記ミラーのエッティング時に、所定波長の光を前記第2導電型の半導体層及びその上層の前記ミラーに照射して、その反射スペクトルを検出し、その反射率プロファイルを測定することにより、前記第2導電型の半導体層及びその上層の前記ミラーのエッティング量を制御することを特徴とする光検出部を備えた面発光型半導体レーザの製造方法。

【請求項19】 請求項11乃至18のいずれかにおいて、

前記一方の領域の前記第1導電型半導体層と前記他方の領域の前記第1導電型半導体層との間と、前記一方の領域の前記第2導電型半導体層と前記他方の領域の前記第2導電型半導体層との間とを、それぞれ電気的に絶縁させる工程をさらに設けたことを特徴とする光検出部を備えた面発光型半導体レーザの製造方法。

【請求項20】 請求項10に記載の光検出部を備えた面発光型半導体レーザを有し、前記発光部から出射されたレーザ光を、位置が変化する被測定対象に照射し、その反射光を前記光検出部にて受光して、前記被測定対象の位置を検出することを特徴とするセンサ。

【請求項21】 請求項10に記載の光検出部を備えた面発光型半導体レーザを有し、前記発光部から出射されたレーザ光を、作用する圧力に応じて変位する部材に照射し、その反射光を前記光検出部にて受光して、前記変位部材に作用する圧力の大きさを検出することを特徴とするセンサ。

【請求項22】 請求項20又は21において、一つの前記発光部より出射されたレーザ光の前記反射光をそれぞれ受光する複数の前記光検出部を有し、複数の前記光検出部にてそれぞれ検出された受光量の分布に基づいて検出を行うことを特徴とするセンサ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、光検出部を備えた面発光型半導体レーザ及びその製造方法並びにそれを用いたセンサに関する。

【0002】

【従来の技術及び発明が解決しようとする課題】 フォトダイオード、トランジスタ等で構成される光検出部と、半導体レーザ等の発光部とを、一对で使用するものとして、例えば光を用いて情報を記録、再生する光ピックアップが知られている。これは、半導体レーザからのレーザ光を記録媒体に入射させ、その反射光を光検出部にて

検出して、情報の記録、再生を行うものである。また、光インターフェクション又は光コンピュータでは、光検出部に入射された光によって、半導体レーザに通電して、光検出部に入射した光強度に応じて、該半導体レーザよりレーザ光を出射するものである。

【0003】この種の光検出部を備えた半導体レーザでは、光検出部と半導体レーザとの位置関係を厳密に設定する必要がある。

【0004】ここで、光検出部と半導体レーザとを別体で形成した場合には、両者の位置関係は、その後の実装精度に依存し、高い取付精度を確保するには限界がある。

【0005】一方、特開平5-190978、特開平6-209138号公報に、光検出部と発光部とを同一の基板上に形成した提案もなされている。

【0006】これらの各公報に記載された発明では、光検出部と発光部とに必要な結晶成長層を、同一基板上で同時に結晶成長させて形成している。このため、光検出部と発光部との位置関係は、フォトリソグラフィー工程でのパターニング精度で定まり、高い位置精度を確保できる。

【0007】しかしながら、発光部と光検出部とでは、同一の結晶成長層にて求められる最適条件が異なっており、一方の素子特性に合ったプロセス条件にて結晶成長層を形成すると、他方の素子特性が劣化する問題があった。

【0008】特に、発光部の素子特性に合ったプロセス条件にて結晶成長を行うと、光検出部の感度が劣化し、光検出部にて微弱な強度の光を精度良く検出することができなかった。

【0009】そこで、本発明の目的は、同一基板上に発光部及び検出部を形成しながらも、発光部でのレーザ発振特性と、光検出部での感度特性とを、ともに良好に確保することができる検出部を備えた面発光型半導体レーザ及びその製造方法並びにそれを用いたセンサを提供することにある。

#### 【0010】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明に係る光検出部を有する面発光型半導体レーザでは、高抵抗の半導体基板上の少なくとも2つの領域に、第1導電型半導体層と、第2導電型半導体層とが積層して形成されている。基板上的一方の領域には、第2導電型半導体層上に、前記半導体基板と垂直な方向に光を出射する光共振器が形成されている。基板上の他方の領域では、前記第1、第2導電型半導体層にてフォトダイオードが構成されている。そして、前記一方の領域の前記第2導電型半導体層が $1\text{ }\mu\text{m}$ 以上の厚さで形成されて、前記光共振器への電流注入用の下部電極として用いられる。さらに、前記他方の領域にて前記フォトダイオードを構成する前記第2導電型半導体層が、 $1\text{ }\mu\text{m}$ 未満の厚さに形成され

ている。

【0011】このように、第2導電型半導体層の厚さを、発光部と光検出部とで異ならせている理由は、次の通りである。まず、発光部側の第2導電型半導体層は、下側電極層として機能するため、その層抵抗を小さくしないと、発光部の素子抵抗にさらに上乗せされる抵抗値が大きくなり、発熱が無視できなくなる。第2導電型半導体層の抵抗値は、その膜厚とキャリア濃度に依存し、抵抗値を低くするのに、その膜厚が厚ければキャリア濃度を低くできる。そして、その膜厚の下限が $1\text{ }\mu\text{m}$ であれば、抵抗値を小さくするのに、 $2 \times 10^{19}\text{ cm}^{-3}$ を越える過剰のキャリア濃度とはならず、高キャリア濃度に起因した結晶劣化も低減する。光検出部側の第2導電型半導体層も、発光部側の第2導電型半導体層と同一プロセスにて形成されるため、結晶劣化が光検出部側にも生じなくなり、光一電流変換率を劣化させることがない。また、第2導電型半導体層のキャリア濃度は、発光部での抵抗値に依存して決定されるため、発光部側と同じキャリア濃度を持つ光検出部側の第2導電型半導体層での光吸収率を低く抑えるために、光検出部の第2導電型半導体層の膜厚を $1\text{ }\mu\text{m}$ 未満としている。

【0012】請求項2の発明は、前記一方の領域での前記第2導電型の半導体層の厚さが $5\text{ }\mu\text{m}$ 以下であることを定義している。

【0013】発光部側の第2導電型半導体層の厚さは、厚いほど抵抗値を小さくできるが、膜厚が厚いとその分成長時間が長くなり、量産性、結晶性が問題となるため、 $5\text{ }\mu\text{m}$ 以下としている。

【0014】請求項3の発明は、前記第2導電型の半導体層のキャリア濃度は、 $5 \times 10^{17} \sim 2 \times 10^{19}\text{ cm}^{-3}$ であることを定義している。

【0015】発光部側の第2導電型半導体層の膜厚を、その上限の $5\text{ }\mu\text{m}$ としたとき、低抵抗化のために必要なキャリア濃度は $5 \times 10^{17}\text{ cm}^{-3}$ となり、その下限の $1\text{ }\mu\text{m}$ とした時には、 $2 \times 10^{19}\text{ cm}^{-3}$ のキャリア濃度が必要となる。従って、発光部側の第2導電型半導体層の膜厚を、 $1\text{ }\mu\text{m} \sim 5\text{ }\mu\text{m}$ であることを考慮すると、そのキャリア濃度は $5 \times 10^{17} \sim 2 \times 10^{19}\text{ cm}^{-3}$ とすることが好ましい。

【0016】請求項4の発明は、前記一方の領域での前記第2導電型の半導体層の厚さが、 $2 \sim 3\text{ }\mu\text{m}$ であることを定義している。発光部側の第2導電型半導体層の低抵抗化と、量産性、結晶性との双方を考慮すると、膜厚を上記範囲とすることが好ましい。

【0017】請求項5の発明は、第2導電型の半導体層のキャリア濃度は、 $1 \times 10^{18} \sim 1 \times 10^{19}\text{ cm}^{-3}$ であることを定義している。発光部の第2導電型半導体層の膜厚を、より好適な範囲である $2\text{ }\mu\text{m} \sim 3\text{ }\mu\text{m}$ とすると、低抵抗を確保する観点から、そのキャリア濃度は $1 \times 10^{18} \sim 1 \times 10^{19}\text{ cm}^{-3}$ とすることが好ましい。

【0018】請求項6の発明は、前記他方の領域での前記第2導電型の半導体層の厚さが0.8μm以下であることを定義している。

【0019】請求項6、7に示すように、前記他方の領域での前記第2導電型の半導体層の厚さが好ましくは0.8μm以下、さらに好ましくは0.5μm以下とするとよい。光検出部での光一電流変換効率を高く確保できるからである。なお、この光検出部での領域の第2導電型半導体層の膜厚は0.1μm以上であることが好ましい。この理由の一つは、この下限値を下回ると電流が流れ難く発熱等の問題が生ずるからである。また、他の理由として、製造プロセス上もエッチング時にその下限値以下に膜厚制御することが困難であるばかりか、その下限値を下回る薄膜にしても、後述の通り光電変換効率は向上しないからである。この点を考慮すると、この光検出部での領域の第2導電型半導体層の膜厚は0.4～0.5μmとすることで、実用上十分な光電変換効率が得られ、しかも製造プロセスが困難となることもない。

【0020】請求項8の発明では、前記光共振器が、一对の反射ミラーと、前記一对の反射ミラーの間に形成され、少なくとも活性層及びクラッド層を含む多層の半導体層と、を含む構成を定義している。この場合、前記多層の半導体層の少なくとも前記クラッド層を含む上層側が柱状に形成された柱状部分とされ、前記柱状部分の周囲に絶縁層が埋め込み形成される。さらに、前記柱状部分の端面に臨んで開口を有する上部電極がさらに設けられ、前記一对のミラーのうちの光出射側ミラーが前記開口を覆って形成される。

【0021】この構造によれば、共振器に注入される電流、それにより活性層にて生ずる光が、絶縁層にて埋め込まれた柱状部分に閉じこめられ、効率よくレーザ発振させることができる。

【0022】上記構造を採用する場合には、請求項9に示すように、前記一对の反射ミラーのうち、前記第2導電型の半導体層上に形成されたミラーは半導体多層膜ミラーであり、前記光出射側のミラーが誘電体多層膜ミラーであり、前記一对のミラー間に形成される前記多層の半導体層は、前記半導体多層膜ミラー上に形成された第1クラッド層と、前記第1クラッド層上に形成された、量子井戸構造の活性層と、前記活性層上に形成された第2クラッド層と、前記第2クラッド層上に形成されたコンタクト層と、を含み、前記第2クラッド層及び前記コンタクト層により前記柱状部分が構成されていることが好ましい。

【0023】この構造では、光共振器に注入された電流は、量子井戸活性層で効率よく光に変換され、半導体多層膜ミラーと誘電体多層膜ミラーとで構成される反射ミラーであって、多層構造により比較的高い反射率を持つ反射ミラーの間をその光が往復することにより、高効率で增幅される。しかも、光共振器中に注入された電流及

び生成されかつ増幅された光は、柱状部分の周囲に埋め込まれた絶縁層により閉じこめられ、効率よくレーザ発振動作を行うことができる。

【0024】請求項10の発明は、一方の領域の第1導電型半導体層と他方の領域の第1導電型半導体層との間と、一方の領域の第2導電型半導体層と他方の領域の第2導電型半導体層との間とが、それぞれ電気的に絶縁されていることを特徴とする。

【0025】こうすると、発光部と光検出部とが電気的に独立し、例えば発光部から出射されたレーザ光の反射光を、光検出部にて受光してその反射強度を測定でき、種々のセンサとして利用できる。

【0026】請求項11の発明は、請求項8の光検出部を備えた面発光型半導体レーザの製造方法を定義している。この方法では、高抵抗半導体基板上の第1の領域に面発光型半導体レーザを形成し、前記基板上の第2の領域にフォトダイオードを形成するにあたり、(a) 前記基板上の前記第1、第2の領域に共通して、第1導電型の半導体層と、1μm以上の厚さの第2導電型の半導体層と、一对の反射ミラー及びその間に形成される多層の半導体層にて形成される光共振器のうち光出射側の反射ミラーを除く各層と、を順次エピタキシャル成長させる工程と、(b) 前記エピタキシャル成長層の前記第1の領域について、少なくともクラッド層を含む前記多層の半導体層の上層側を柱状にエッチングして柱状部分を形成する工程と、(c) 前記柱状部分の周囲に絶縁層を埋め込み形成する工程と、(d) 前記柱状部分の端面に臨んで開口を有する上部電極を形成する工程と、(e) 前記開口を覆って光出射側の反射ミラーを形成する工程と、(f) 前記エピタキシャル成長層の前記第2の領域を、前記第2導電型の半導体層の途中までエッチングして、前記第2導電型の半導体層の厚さを1μm未満に形成する工程と、を有することを特徴とする。

【0027】請求項12の発明は、請求項9の光検出部を備えた面発光型半導体レーザの製造方法を定義している。この方法では、請求項11の発明の(a)工程の反射ミラーを半導体多層膜ミラーとし、多層の半導体層を、第2導電型の第1クラッド層と、量子井戸構造の活性層と、第1導電型の第2クラッド層と、第1導電型のコンタクト層とし、これら各層を順次エピタキシャル成長させることを定義している。

【0028】請求項13の発明は、光検出部を備えた面発光型半導体レーザの製造方法を定義し、前記工程

(a) では、前記第2導電型の半導体層のキャリア濃度を、 $5 \times 10^{17} \sim 2 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$  とし、前記第2導電型の半導体層の厚さを5μm以下に形成している。

【0029】請求項14の発明は、請求項5の光検出部を備えた面発光型半導体レーザの製造方法を定義し、前記工程(a)では、前記第2導電型の半導体層のキャリア濃度を、 $1 \times 10^{18} \sim 1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$  とし、前記第

2導電型の半導体層の厚さを、 $2\sim3\mu\text{m}$ に形成している。

【0030】請求項15の発明は、請求項6の光検出部を備えた面発光型半導体レーザの製造方法を定義し、前記工程(e)では、前記第2導電型の半導体層の厚さを $0.8\mu\text{m}$ 以下に形成している。

【0031】請求項16の発明は、請求項7の光検出部を備えた面発光型半導体レーザの製造方法を定義し、前記工程(e)では、前記第2導電型の半導体層の厚さを $0.5\mu\text{m}$ 以下に形成している。

【0032】請求項17の発明は、前記工程(a)では、少なくとも第2導電型半導体層及びその上層の前記ミラーのエピタキシャル成長時に、所定波長の光を前記第2導電型半導体層及びその上層の前記ミラーに照射して、その反射スペクトルを検出し、その反射率プロファイルを測定することにより、前記第2導電型半導体層及びその上層の前記ミラーの膜厚を制御することを特徴とする。

【0033】これにより、発光部については、第2導電型半導体層の膜厚を低抵抗のための設計値通りに成膜できるとともに、反射ミラーにて所定の屈折率を得るための膜厚をも設計通りに形成できる。加えて、光検出部側について言うと、後の(f)工程にてエッチングされる第2導電型半導体層の膜厚と、その上層のミラーの膜厚とを、成膜時に厳密にコントロールすることができ、(f)工程にて所定の膜厚を得るためにエッチングが容易となる。

【0034】請求項18の発明では、前記工程(f)において、少なくとも第2導電型半導体層及びその上層の前記ミラーのエッチング時に、所定波長の光を前記第2導電型の半導体層及びその上層の前記ミラーに照射して、その反射スペクトルを検出し、その反射率プロファイルを測定している。これにより、所定の膜厚を得るために前記第2導電型の半導体層のエッチング量を厳密にコントロールできる。さらに、その上層の前記ミラーのエッチングエンドポイントも厳密に測定できるため、所定の膜厚を得るために前記第2導電型の半導体層のエッチングスタートポイントをも厳密に測定できる。

【0035】請求項19の発明は、請求項10の光検出部を備えた面発光型半導体レーザの製造方法を定義し、前記第1、第2の領域間で、前記第1導電型半導体層同士及び第2導電型半導体層同士を絶縁させる工程をさらに設けている。

【0036】請求項20～22の発明は、請求項10に記載の光検出部を備えた面発光型半導体レーザを用いたセンサを定義している。

【0037】請求項20では、発光部から出射されたレーザ光を、位置が変化する被測定対象に照射し、その反射光を前記光検出部にて受光して、前記被測定対象の位置を検出するセンサを定義している。

【0038】請求項21では、発光部から出射されたレーザ光を、作用する圧力に応じて変位する部材に照射し、その反射光を前記光検出部にて受光して、前記変位部材に作用する圧力の大きさを検出するセンサを定義している。

【0039】いずれのセンサの場合も、発光部では高効率でレーザ発振でき、光検出部では微弱な光強度も検出可能となり、しかも発光部及び光検出部の相対的位置がフォトリソグラフィ工程でのパターニング精度で決定されるため、精度の高いセンシングを行うことができる。また、両センサとも微小寸法で構成でき、小型部品等への搭載が可能となる。

【0040】請求項22では、請求項20又は21において、一つの前記発光部より出射されたレーザ光の前記反射光をそれぞれ受光する複数の前記光検出部を有するセンサを定義している。この場合、複数の前記光検出部にてそれぞれ検出された受光量の分布に基づいてセンシングを行うことができ、単一の光検出部を設けた場合の光強度のみに基づくセンシングと比較して、検出精度を向上できる。

【0041】

【発明の実施の形態】以下、本発明の一実施例を図面を参照して説明する。

【0042】（全体構造の概要）図1は、本発明の一実施例における光検出部を備えた面発光型半導体レーザ装置の発光部及び光検出部の断面を模式的に示す断面図であり、図2はその概略斜視図である。

【0043】図1、図2に示す光検出部付きの半導体レーザ装置100は、高抵抗半導体基板102上の異なる領域に、それぞれ発光部100Aと光検出部100Bとが形成されている。本実施例では、発光部100Aが、面発光型半導体レーザであり、光検出部100Bがフォトダイオードにて形成されている。この発光部100A、光検出部100Bの平面的レイアウトとしては、図2に示すように、例えば発光部100Aの周囲の4箇所に、光検出部100Bを形成している。このような平面的にレイアウトを有する一体型チップを各種のセンサとして用いることができる。例えば、位置が変化する部材に向けて発光部100Aよりレーザ光を出射し、その反射光を4つの光検出部100Bで検出する場合には、4つの光検出部100Bで受光される受光量の分布により、位置が変化する部材の変位量を求めることができる。この一体型チップによりセンサを構成する場合には、発光部100Aおよび光検出部100Bの数は、図2に示す数に限定されるものではない。一つの発光部100Aに対して、一つ又は複数の光検出部100Bを有するものであればよい。あるいは、複数の発光部100Aに対して、複数の光検出部100Bを有するものでもよい。

【0044】（基板上の共通構造）まず、発光部100

A及び光検出部100Bの共通の構造について説明すると、高抵抗半導体基板102は、本実施例ではGaN基板にて形成され、好ましくは不純物濃度が $1 \times 10^{16}$  cm<sup>-3</sup>以下であり、さらに好ましくは、 $1 \times 10^{15}$  cm<sup>-3</sup>以下である。

【0045】高抵抗GaN基板102上には、第1導電型半導体層例えばp型GaN層101Aが形成され、さらにその上に、第2導電型半導体層例えばn型Ga<sub>0.85</sub>A<sub>0.15</sub>N層101B（発光部101A側の層を101B1とし、光検出部101B側の層を101B2とする）が形成されている。なお、この第1、第2導電型半導体層101A、101Bは、レーザ光の波長に応じて他の材料、例えばGaNAlAs層のAlの組成を変えたもの等にて形成することができる。なお、第1、第2導電型半導体層101A、101Bは、後述するように成膜時又はエッチング時に反射率をモニタして膜厚制御を行う場合には、反射率の増大、減少を明確にモニタする観点から、材料あるいは組成が異なる組合せとすることが好ましい。第2導電型半導体層101Bを第1導電型半導体層101Aと同じ材質にして、n型GaN層で形成することも可能であり、この場合両層はキャリアの極性及び濃度が異なるため、上記モニタ時の反射率を層毎に異ならせるることはできる。ただし、材質又は組成を代えた場合ほど反射率の変化は期待できない。この点については、図9を参照して後述する。

【0046】ここで、光検出部100Bの領域に形成された第1、第2導電型半導体層101A、101B2は、フォトダイオードを構成するものである。

【0047】一方、発光部100Aの領域に形成された第2導電型半導体層101B1は、面発光型半導体レーザの光共振器に電流を注入するための下側電極層として機能する。この第2導電型半導体層101B1と併せて、第1導電型半導体層101Aも、レーザ発振のための電極層として機能させることもできるが、この点については後述する。

【0048】さらに、発光部100Aの領域に形成された第1、第2導電型半導体層101A、101B1を、発光部100Aから漏れた光を検出して、レーザ発光強度をモニタするモニタ用のフォトダイオードとして使用することも可能である。

【0049】上述した各機能を持たせるために、発光部100Aの領域の第1、第2導電型半導体層101A、101B1は露出され、この露外面115a、115cがそれぞれ電極パターン形成面となる。同様に、光検出部100Bの領域の第1導電型半導体層101Aも露出され、この露外面115bが電極パターン形成面となる。

【0050】なお、発光部100A及び光検出部100Bにそれぞれ形成された第2導電型半導体層101B1、101B2は、同一の成膜工程にて形成されるた

め、同一のキャリア濃度にて基板102上にエピタキシャル成長される。ただし、光検出部100B側の第2導電型半導体層101B2は成膜後にエッチングされ、発光部100Aの第2導電型半導体層101B1よりも薄膜となっている。

【0051】また、本実施例では、発光部100Aの領域に形成された第1、第2導電型半導体層101A、101B1と、光検出部100Bの領域に形成された第1、第2導電型半導体層101A、101B2とは、分離溝116により、電気的に絶縁されている。ただし、この光検出部付きの半導体レーザを、光検出部100Bにて変換された電流に基づき発光部100Aを駆動する方式、例えば光インターフェクションに使われる素子として利用する場合には、分離溝116などで上記層101A、101B1と101A、101B2とを絶縁する必要はない。

【0052】（発光部の構造）次に、発光部100Aについて説明する。第2導電型半導体層101B1上に、n型Al<sub>0.8</sub>Ga<sub>0.2</sub>N層とn型Al<sub>0.15</sub>Ga<sub>0.85</sub>N層を交互に積層し、例えば波長800nm付近の光に対し99.5%以上の反射率を持つ40ペアの分布反射型多層膜ミラー（以下これを「DBRミラー」とも表記する）103、n型Al<sub>0.7</sub>Ga<sub>0.3</sub>N層からなる第1クラッド層104、n<sup>-</sup>型GaN層のウエル層とn<sup>-</sup>型Al<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>Nバリア層から成る該ウエル層が21層で構成される量子井戸活性層105（本実施例の場合は、多重量子井戸構造（MQW）の活性層となっている）、p型Al<sub>0.7</sub>Ga<sub>0.3</sub>N層からなる第2クラッド層106およびp<sup>+</sup>型Al<sub>0.15</sub>Ga<sub>0.85</sub>N層からなるコンタクト層109が、順次積層されている。

【0053】そして、第2クラッド層106の途中まで、半導体の積層体の上面からみて円形または矩形形状にエッチングされて、柱状部分114が形成される。この柱状部分114の基板102と平行な横断面を、長辺及び短辺から成る矩形とすると、柱状部分114の発振領域より出射されるレーザ光の偏波面の方向を、短辺方向に揃えることができる。

【0054】この柱状部分114の周囲には、熱CVD法により形成されたSiO<sub>2</sub>等のシリコン酸化膜（SiO<sub>x</sub>膜）からなる第1絶縁層107と、ポリイミド等の耐熱性樹脂等からなる第2絶縁層108で埋め込まれている。

【0055】第1絶縁層107は、第2クラッド層106およびコンタクト層109の表面に沿って連続して形成され、第2絶縁層108は、この第1絶縁層107の周囲を埋め込む状態で形成されている。

【0056】第2絶縁層108としては、前述のポリイミド等の耐熱性樹脂の他に、SiO<sub>2</sub>等のシリコン酸化膜（SiO<sub>x</sub>膜）、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>等のシリコン窒化膜（SiNx膜）、SiCx等のシリコン炭化膜（SiCx膜）、S

OG (スピンドルガラス法による SiO<sub>2</sub>等のSiO<sub>x</sub>) 膜などの絶縁性シリコン化合物膜、あるいは多結晶のI-VI族化合物半導体膜(例えばZnSeなど)でもよい。これら、絶縁膜の中でも、低温で形成可能である SiO<sub>2</sub>等のシリコン酸化膜、ポリイミドまたはSOG膜を用いるのが好ましい。さらには、形成が簡単であり、容易に表面が平坦となることからSOG膜を用いるのが好ましい。

【0057】ここで、図1のシリコン酸化膜(SiO<sub>x</sub>膜)からなる第1絶縁層107は、膜厚が500~2000オングストロームで、常圧の熱CVD法により形成されたものである。耐熱性樹脂等からなる第2絶縁層108は素子の表面を平坦化するために必要なものである。たとえば、耐熱性樹脂には高抵抗を有するものの、膜中に水分の残留が発生しやすく、直接、半導体層と接触させると、素子に長時間通電した場合に半導体との界面に於てボイドが発生し素子の特性を劣化させる。そこで、本実施例の様に、第1絶縁層107のような薄膜を半導体層との境界に挿入すると、第1絶縁層107が保護膜となり前述の劣化が生じない。第1絶縁層を構成するシリコン酸化膜(SiO<sub>x</sub>膜)の形成方法には、プラズマCVD法、反応性蒸着法など種類があるが、SiH<sub>4</sub>(モノシラン)ガスとO<sub>2</sub>(酸素)ガスを用い、N<sub>2</sub>(窒素)ガスをキャリアガスとする常圧熱CVD法による成膜方法が最も適している。その理由は、反応を大気圧で行い、更にO<sub>2</sub>が過剰な条件下で成膜するのでSiO<sub>x</sub>膜中の酸素欠損が少なく緻密な膜となること、および、ステップ・カバーレッジが良く、柱状部分114の側面および段差部も平坦部と同じ膜厚が得られることである。

【0058】なお、第1、第2絶縁層107、108で埋込層を形成するものに限らず、例えばI-I-VI族化合物半導体エピタキシャル層にて形成することもできる。

【0059】また、例えばCrとAu-Zn合金で構成されるコンタクト金属層(上側電極)112が、コンタクト層109とリング状に接触して形成され、電流注入のための電極となる。このコンタクト層109の上側電極112で覆われていない部分は、円形に露出している。そして、そのコンタクト層109の露外面(以後、この部分を「開口部113」と記す)を充分に覆う面積で、第1層例えばSiO<sub>2</sub>等のSiO<sub>x</sub>層と、第2層例えばTa<sub>2</sub>O<sub>5</sub>層とを交互に積層し、波長800nm付近の光に対し98.5~99.5%の反射率を持つ7ペアの誘電体多層膜ミラー111が形成されている。

【0060】この一対のミラー103、111及びその間に形成される多層の半導体層にて光共振器120を形成している。そして、誘電体多層膜ミラー111を構成する第1層及び2層のそれぞれの厚さは、光共振器120内部を導波されるレーザ光の波長をλとし、各層での波長λの屈折率をnとしたとき、λ/4nに設定されて

いる。

【0061】(光共振器でのレーザ発振動作) 上側電極112と、図1に示すパターン形成面115a上に形成された図示しない電極とコンタクトする下側電極層101B1との間に順方向電圧が印加されて(本実施例の場合は、上側電極112から下側電極層である第2導電型半導体層101B1への方向に電圧が印加される)電流注入が行なわれる。注入された電流は、量子井戸活性層105で光に変換され、DBRミラー103と誘電体多層膜ミラー111とで構成される反射鏡の間をその光が往復することにより増幅される。しかも、光共振器120中に注入された電流及び生成されかつ増幅された光は、柱状部分114の周囲に埋め込まれた第1、第2の絶縁層107、108により閉じこめられ、効率よくレーザ発振動作を行うことができる。

【0062】そして、開口部113(コンタクト層109の露外面)及び誘電体多層膜ミラー111を介して、基板102に対して垂直方向にレーザ光が放射される。

【0063】他の駆動方法として、p型半導体層101A、n型半導体層101B1及び光共振器120のp型部で、トランジスタ構造を構成し、活性層に通電することができる。例えば、p型半導体層101A、上側電極112間にレーザ発振する電圧を加えたとき、n型半導体層101B1に微小電流を加えると、トランジスタのスイッチング効果により、活性層に電流が注入され、レーザ発振が可能となる。このような駆動方法は、微小電流のスイッチングでレーザの発振、非発振を制御できることから、一枚の基板102上の複数の発光部100Aを高速にレーザ発振させることができる。

【0064】ここで、面発光型半導体レーザの下側電極層として機能する第2導電型半導体層101B1は、その横方向の抵抗を数Ω程度にする必要がある。その理由は、発光部100Aの素子抵抗が50~100Ω程度あり、第2導電型半導体層101B1の抵抗が数10Ωあると、この抵抗による発熱が無視できないからである。

【0065】この第2導電型半導体層101B1の抵抗値は、その層の膜厚とキャリア濃度とに依存し、膜厚が厚ければキャリア濃度を低くできる。この第2導電型半導体層101B1の膜厚は、抵抗を低く抑える観点からすれば膜厚を厚くするほどよいが、その分成長時間が長くなり、量産性、膜の結晶性に問題が生ずる。この点を考慮すると、第2導電型半導体層101B1の膜厚の上限としては、5μm以下、さらに好ましくは3μm以下とするものがよい。

【0066】次に、第2導電型半導体層101B1の膜厚の下限は、キャリア濃度をどの程度過剰にできるかで決められる。第2導電型半導体層101B1の膜厚を1μm未満とした時には、抵抗値を低くするためには、2×10<sup>19</sup>cm<sup>-3</sup>を越える過剰のキャリア濃度が必要となり、結晶劣化の恐れが高くなる。しかも、この結晶劣化

は、同一プロセスにより形成される光共振器100B側の第2導電型半導体層101B2にも同様に生ずることになるので、フォトダイオードの光-電流変換効率の劣化につながる。従って、第2導電型半導体層101B1の膜厚は、 $1\text{ }\mu\text{m}$ 以上とする必要がある。

【0067】以上の考察から、抵抗を低く押さえ、かつ、成長時間を短縮する観点から言えば、発光部100Aの第2導電型半導体層101B1の膜厚は、 $2\sim3\text{ }\mu\text{m}$ に設定するのが好ましい。

【0068】なお、第1導電型半導体層101Aの膜厚についても、量産性、結晶性を考慮して、 $5\text{ }\mu\text{m}$ 以下にすることが好ましい。また、この層101Aの膜厚は $1\text{ }\mu\text{m}$ 以上とすることが好ましく、この値を下回ると発熱や電流が流れ難くなる問題などが生ずる。

【0069】次に、第2導電型半導体層100B1、100B2のキャリア濃度について考察すると、発光部100Aの第2導電型半導体層101B1の膜厚を、その上限の $5\text{ }\mu\text{m}$ としたとき、低抵抗化のために必要なキャリア濃度は、 $5\times10^{17}\text{ cm}^{-3}$ となる。一方、第2導電型半導体層101B1の膜厚を、その下限の $1\text{ }\mu\text{m}$ とした時には、抵抗値を低くするためには、 $2\times10^{19}\text{ cm}^{-3}$ のキャリア濃度が必要となる。

【0070】従って、発光部100Aの第2導電型半導体層101B1の膜厚が、 $1\text{ }\mu\text{m}\sim5\text{ }\mu\text{m}$ であることを考慮すると、そのキャリア濃度は $5\times10^{17}\sim2\times10^{19}\text{ cm}^{-3}$ することが好ましい。

【0071】さらに、発光部100Aの第2導電型半導体層101B1の膜厚を、より好適な範囲の下限である $2\text{ }\mu\text{m}$ としたとき、低抵抗を確保するのに要するキャリア濃度は $1\times10^{19}\text{ cm}^{-3}$ であり、上限である $3\text{ }\mu\text{m}$ としたとき、そのキャリア濃度は $1\times10^{18}\text{ cm}^{-3}$ である。従って、第2導電型半導体層101B1の膜厚を、より好適な範囲である $2\sim3\text{ }\mu\text{m}$ とすると、そのキャリア濃度は $1\times10^{18}\sim1\times10^{19}\text{ cm}^{-3}$ とすることが好ましい。

【0072】(光検出部での光検出動作) 発光部100Aから出射されたレーザ光は、測定すべき対象物にて反射され、光検出部100Bに入射する。この光検出部100Bは、第1、第2導電型半導体層101A、101B2によりフォトダイオードを構成しており、この両層101A、101B2の間に形成される空乏層にて光-電流変換される。そして、光検出部100Bの第2導電型半導体層101B2上に形成される図示しない電極と、図1に示すパターン形成面115b上に形成される図示しない電極とを用いて、受光量を電気信号として出力することができる。

【0073】ここで、光検出部100Bの第2導電型半導体層101B2は、発光部100Aの対応する層101B1と同一プロセスにて形成されるため、この層101B2中のキャリア濃度が比較的高く、上述の値となっ

ている。

【0074】そこで、本実施例では、光検出部100B中の第2導電型半導体層101B2の膜厚を薄くすることで、光吸収率を低下させ、光-電流変換効率を向上させている。本実施例では、この光検出部100B中の第2導電型半導体層101B2の膜厚を、 $1\text{ }\mu\text{m}$ 未満に設定している。

【0075】図6は、レーザ光の発振波長を $800\text{ nm}$ とし、第2導電型半導体層101B2中の不純物濃度を $1\times10^{18}\text{ cm}^{-3}$ とした場合の、第2導電型半導体層101B2の膜厚と、変換される光電流との関係を示すシミュレーション結果である。図6から明らかなように、第2導電型半導体層101B2の厚さが薄いほど、光電流の変換効率が高く、特に $0.8\text{ }\mu\text{m}$ 以下では $90\%$ となり、 $0.5\text{ }\mu\text{m}$ では $95\%$ の光変換効率を得ることができる。この点から言えば、第2導電型半導体層101B2の膜厚は、好ましくは $0.8\text{ }\mu\text{m}$ 以下、さらに好ましくは $0.5\text{ }\mu\text{m}$ 以下とするのが良い。なお、この膜厚は $0.1\text{ }\mu\text{m}$ 以上とするもののがよい。膜厚の下限である $0.1\text{ }\mu\text{m}$ を下回ると、電流が流れ難く発熱の問題が生じるからである。しかも、図6から明らかなように、 $0.1\text{ }\mu\text{m}$ 以上の膜厚にて $100\%$ の光電流が得られており、 $0.1\text{ }\mu\text{m}$ を下回る薄膜としても光電変換効率は改善されないからである。

【0076】(製造プロセス) 次に、図1に示す面発光型半導体レーザ100の製造プロセスについて説明する。図3(A)～(C)、図4(A)～(C)及び図5(A)、(B)は、光検出部を備えた面発光型半導体レーザ装置の製造工程を示したものである。

【0077】高抵抗GaAs基板102に、p型GaAs層101Aと、n型Ga<sub>0.85</sub>Al<sub>0.15</sub>As層101Bとをそれぞれエピタキシャル成長させて形成する。この際、n型Ga<sub>0.85</sub>Al<sub>0.15</sub>As層101Bの厚さは、 $1\text{ }\mu\text{m}$ 以上で形成され、好ましくは $5\text{ }\mu\text{m}$ 以下である。更に、n型Ga<sub>0.85</sub>Al<sub>0.15</sub>As層101B中のキャリア濃度は、好ましくは $5\times10^{17}\sim2\times10^{19}\text{ cm}^{-3}$ であり、さらに好ましくは、 $1\times10^{18}\sim1\times10^{19}\text{ cm}^{-3}$ である。なお、上述の工程により、発光部100Aの第2導電型半導体層101B1が形成される。

【0078】その後、n型Al<sub>0.15</sub>Ga<sub>0.85</sub>As層とn型Al<sub>0.8</sub>Ga<sub>0.2</sub>As層とを交互に積層して波長 $800\text{ nm}$ 付近の光に対し $99.5\%$ 以上の反射率を持つ40ペアのDBRミラー103を下部ミラーとして形成する。さらに、n型Al<sub>0.7</sub>Ga<sub>0.3</sub>As層(第1クラッド層)104を形成した後、n型GaAsウエル層とn型Al<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>Asバリア層とを交互に積層した量子井戸構造(MQW)の活性層105を形成する。その後、p型Al<sub>0.7</sub>Ga<sub>0.3</sub>As層(第2クラッド層)106、およびp型Al<sub>0.15</sub>Ga<sub>0.85</sub>As層(コンタクト層)109を順次積層する(図3(A)参照)。

【0079】上記の各層101A、101B、103～106及び109は、有機金属気相成長(MOVPE: Metal-Organic Vapor Phase Epitaxy)法でエピタキシャル成長させた。この時、例えば、成長温度は750°C、成長圧力は150 Torrで、III族原料にTMGa(トリメチル亜鉛)、TMAI(トリメチルアルミニウム)の有機金属を用い、V族原料にAsH<sub>3</sub>、n型ドーパントにH<sub>2</sub>Se、p型ドーパントにDEZn(ジエチルジンク)を用いた。

【0080】各層の形成後、エピタキシャル層上に常圧熱CVD法を用いて、250オングストローム程度のSiO<sub>2</sub>層からなる保護層11を形成する。この保護層11が積層された半導体層を覆うことにより、プロセス中の表面汚染を防いでいる。

【0081】次に、反応性イオンビームエッティング(RIBE)法により、レジストパターンR1で覆われた柱状の部分114及び光検出部100Bの領域を残し、柱状部分114の周囲に溝110を形成しながら、第2クラッド層106の途中までエッティングする。このエッティングプロセスの実施により、柱状部分114は、その上のレジストパターンR1の輪郭形状と同じ断面を持つ(図3(B)参照)。

また、RIBE法を用いるため、前記柱状部分114の側面はほぼ垂直であり、またエピタキシャル層へのダメージもほとんどない。RIBEの条件としては、例えば、圧力60mPa、入力マイクロ波のパワー150W、引出し電圧350Vとし、エッティングガスには塩素およびアルゴンの混合ガスを使用した。

【0082】この後、レジストパターンR1を取り除き、常圧熱CVD法で、表面に1000オングストローム程度のSiO<sub>2</sub>層(第1絶縁膜)107を形成する。この際のプロセス条件としては、例えば、基板温度450°C、原料としてSiH<sub>4</sub>(モノシリラン)と酸素を使用し、キャリアガスには窒素を用いた。さらにこの上にスピンドルコート法を用いてSOG(Spin on Glass)膜108Lを塗布し、その後例えば、80°Cで1分間、150°Cで2分間、さらに300°Cで30分間、窒素中でベーキングする(図3(C)参照)。

【0083】次にSOG膜108LとSiO<sub>2</sub>膜107をエッティングバックして、露出したコンタクト層109の表面と面一になるように平坦化させた(図4(A)参照)。エッティングには平行平板電極を用いた反応性イオンエッティング(RIE)法を採用し、反応ガスとして、SF<sub>6</sub>、CHF<sub>3</sub>およびArを組み合わせて使用した。

【0084】次に、発光部100Aを柱状に残して、その周囲を、下部ミラー103とその下層のn型Ga<sub>0.85</sub>Al<sub>0.15</sub>As層101Bの境界までエッティングする。換言すれば、発光部100Aの周囲にて、n型Ga<sub>0.85</sub>Al<sub>0.15</sub>As層101Bの表面を露出させるためのエッチングを行う。

【0085】このエッティングのために、保護膜12(例えばSiO<sub>2</sub>)を形成し、エッティングされるべきでない発光部100Aと対向する領域に、レジストパターンR2を形成している(図4(B)参照)。

【0086】次に、図4(C)に示すように、光検出部100Bと対向する領域についてのみ、n型Ga<sub>0.85</sub>Al<sub>0.15</sub>As層101Bを光検出部100Bの光検出に最適な厚さまでエッティングする。このために、発光部100Aと対向する領域にはレジストパターンR2が形成されている。さらに、後に電極パターン形成面115aを形成する領域を覆ってレジストパターンR3が形成されている。このエッティングにより、光検出部100Aにてフォトダイオードを構成する一要素であるn型Ga<sub>0.85</sub>Al<sub>0.15</sub>As層101B2を、1μm未満、好ましくは0.8μm以下、さらに好ましくは0.5μm以下で0.1μm以上の膜厚に形成することができる。

【0087】次に、図5(A)に示すように、p型Ga<sub>0.85</sub>As層101Aと、n型Ga<sub>0.85</sub>Al<sub>0.15</sub>As層101B1、101B2とにそれぞれ、エッティングにより段差面を形成し、各層を露出させて電極パターン形成面115a、115b、115cを形成している。電極パターン形成面115aはn型Ga<sub>0.85</sub>Al<sub>0.15</sub>As層101B1に形成され、下部電極層であるn型Ga<sub>0.85</sub>Al<sub>0.15</sub>As層101B1にコンタクトするための電極パターンが後に形成される。電極パターン形成面115bは、光検出部100Bのp型Ga<sub>0.85</sub>As層101A上に形成される。さらに、電極パターン面115cは、発光部100A側のp型Ga<sub>0.85</sub>As層101A上に形成される。

【0088】さらに、発光部100A及び光検出部100Bの第1導電型半導体層101A同士と、発光部100A及び光検出部100Bの第2導電型半導体層101B1、101B2同士とを電気的に絶縁させるために、両者の境界部分における各層101A、101Bを例えばエッティングにより除去して、分離溝116を形成している。この分離溝116の形成にあたり、ドライエッティングを用いることが好ましいが、この分離溝116における界面は発光及び受光に影響がないため、ウェットエッティング、あるいはダイシングソーにより形成することもできる。また、分離溝116による絶縁に代えて、上記境界部分に例えばイオン注入により不純物例えばプロトン又は酸素イオンなどを導入して絶縁しても良い。

【0089】次に、コンタクト層109とリング状に接触する上側電極112を公知のリフトオフ法により形成した(図5(B)参照)。コンタクト層109は上側電極112の円形開口113を介して露出しており、この露出面を充分に覆うように誘電体多層膜ミラー(上部ミラー)111を公知のリフトオフ方法もしくはエッティング方法により形成する(図5(B)参照)。上部ミラー

111は、電子ビーム蒸着法を用いて、 $\text{SiO}_2$ 層と $\text{Ta}_2\text{O}_5$ 層を交互に例えれば7ペア積層して形成され、波長800nm付近の光に対して98.5~99.5%の反射率を持つ。この時の蒸着スピードは、例えば $\text{SiO}_2$ が5オングストローム/分、 $\text{Ta}_2\text{O}_5$ 層が2オングストローム/分とした。

【0090】以上の工程により、図1に示す光検出部付きの面発光型半導体レーザが完成する。

【0091】図7は、図3(A)のMOVPE法の実施に際して、結晶成長中にエピタキシャル層の反射率を常時測定することが可能な成膜装置の一例を示したものである。この成膜装置は、横型水冷反応管を用いたMOVPE装置において、成長基板上部の水冷管部分を無くし、反応管外部から成長基板上に光を入れることが可能な無反射窓をもつ構造を特徴としている。

【0092】つまり、このMOVPE装置は、原料ガスが供給されるガス供給部210aおよびガス排出部210bを有する反応管210の周囲に、内部に水を通すことによって反応管を冷却する冷却部212が設けられている。反応管210の内部には基板Sを載置するためのサセプタ214が設けられ、このサセプタ214の基板載置面に面する部分の反応管210壁面に監視窓216が設けられている。監視窓216の上方には光源218および光検出器220が設置され、光源218から射出された光は監視窓216を介してサセプタ214上の基板Sに到達し、その反射光は再び監視窓216を介して光検出器220に到達するように構成されている。

【0093】そして、光源218からの光は基板S上にほぼ垂直(最大5°)に入射するように設定され、その反射光を光検出器220によって測定することにより、基板S上にエピタキシャル成長を行いながら、同時に生成するエピタキシャル層の反射率の変化を測定することができる。

【0094】図8は、本実施例の面発光型半導体レーザ装置を構成する第2導電型半導体層101B及びDBRミラー103を図7に示す成膜装置を用いてMOVPE成長させる工程において、エピタキシャル層の反射率の経時的变化を示したものである。横軸がエピタキシャル層の成長時間を示し、縦軸が反射率を示している。同様に、図9は図8中の第2導電型半導体層101Bの成膜工程における膜厚と反射率との関係を示している。

【0095】図9に示すように、第2導電型半導体層101Bは、モニタする波長を $\lambda$ とし、第2導電型半導体層101Bの屈折率をnとしたとき、 $\lambda/2n$ の膜厚エッティング毎に同じ反射率に戻ることから、反射率の極大値(ほぼ32%)と極小値(ほぼ30%)との間を周期的にくり返しながら、反射率が変化している。この反射率プロファイルは、結晶の成長速度や成長時間に依存せず、第2導電型半導体層101Bの膜厚のみに依存している。従って、この反射率プロファイルをモニタするこ

とで、第2導電型半導体層101Bの膜厚を厳密にコントロールすることができる。

【0096】なお、上述の通り第1、第2導電型半導体層101A、101Bをそれぞれp型、n型GaAsで形成した場合には、反射率の極大値(ほぼ32%)と極小値(ほぼ31%)との間を周期的にくり返し、極大値と極小値との差がより小さくなることが判明した。従って、上述のモニタ法を採用する場合には、両層間で材質又は組成を変えて、反射率の相違をより大きくすることが好ましい。

【0097】一方、下部ミラー103の成膜に関しては、図8に示すとおり、第2導電型半導体層101B上に初め低屈折率n1のAl<sub>0.8</sub>Ga<sub>0.2</sub>Asを積層すると膜厚が増加するにつれ反射率が減少する。膜厚が( $\lambda/4n_1$ )になると変曲点①に向かえるので、この変曲点をモニタして、高屈折率n2のAl<sub>0.15</sub>Ga<sub>0.85</sub>Asの堆積に切り替える。そして、Al<sub>0.15</sub>Ga<sub>0.85</sub>As層の膜厚が増加すると反射率は増加していくが、膜厚が( $\lambda/4n_2$ )になると変曲点②に到達するので、再び低屈折率n1のAl<sub>0.8</sub>Ga<sub>0.2</sub>Asの堆積に切り替える。この操作を繰り返すことにより、DBRミラーは、その反射率が低反射率および高反射率をくり返しながら変動し、反射率が増加していく。

【0098】この反射率プロファイルは、結晶の成長速度や成長時間に依存せず、各層の膜厚のみに依存している。従って、反射率プロファイルの変曲点(1次微分値0)で積層する層のAl組成を変更し、屈折率の違う層を交互にエピタキシャル成長させることにより、各層が理論通りの厚さ( $\lambda/4n$ )を持ったDBRミラー103が得られる。

【0099】さらに、DBRミラー103自体の反射率を結晶成長中に測定できることから、層形成中にDBRミラー103のペア数を変更したり、構造の最適化がはかる。

【0100】また、変曲点から測定した各層の成長速度を元にしてDBRミラー103より上部の各層の膜厚も制御できることから、従来の成長時間を管理する成膜方法に比べ、再現性がよく、かつスループットが高い方法で、結晶成長基板を作製できる。実際に、本実施例の成長方法により、面発光型レーザ素子に必要な99.5%以上の反射率を持つDBRミラーが制御性よく得られた。

【0101】なお、上記の膜厚制御方法は、MOVPE法だけでなく、他の成膜プロセス、例えばMBE法などにも使用できる。

【0102】次に、図4(B), (C)にRIBE法を採用する際に、上述した反射率をモニタする手段を使用した実施例について述べる。

【0103】ここで、このエッティングの際に、光検出部100Bの第2導電型半導体層であるn型Ga<sub>0.85</sub>Al

$n_{0.15}$  As層 101B2の膜厚を正確に得るために、図10に示すエッティング装置を用いている。

【0104】図10は、エッティングしながらエピタキシャル層の反射率を測定できるRIBE装置の概略図である。

【0105】このRIBE装置は、エッティング室230に、プラズマ室240および排気手段を構成する真空ポンプ232が接続されている。エッティング室230は、前記プラズマ室240に対向する位置に基板Sを載置するためのホルダ234を有する。このホルダ234は、ロードロック室250を介して進退自由に設けられている。エッティング室230のプラズマ室240側の側壁には、監視窓236および238が対向する位置に設けられている。そして、エッティング室230内には、前記監視窓236および238を結ぶライン上に一对の反射ミラーM1およびM2が設けられている。一方の監視窓236の外方には光源226が設置され、他方の監視窓238の外方には光検出器228が設置されている。また、プラズマ室240は、マイクロ波導入部244および反応ガスをプラズマ室240に供給するためのガス供給部246および248が連結されている。そして、プラズマ室240の周囲にはマグネット242が設けられている。

【0106】このRIBE装置においては、通常の方法によって基板S上に形成された結晶層をエッティングするとともに、光源226から照射される光を監視窓236および反射ミラーM1を介して基板S上に照射し、その反射光を反射ミラーM1および監視窓238を介して光検出器228によって測定することにより、基板S上の結晶層の反射率をモニタすることができる。

【0107】図11は、 $n$ 型Ga<sub>0.85</sub>Al<sub>0.15</sub>As層101B及びDBRミラー103を、図10に示すエッティング装置を用いてエッティングした際の、各層の反射率の経時的变化を示したものである。この図11は、エピタキシャル成長過程を示す図8の時間軸を逆にしたものと同一である。従って、反射率プロファイルをモニタすることで、図4(B)に示すように、第2導電型半導体層101Bの表面を露出させる際のエッティングエンドポイントを厳密にコントロールすることができる。さらにその後行われる図4(C)の第2導電型半導体層101Bを所定の膜厚までエッティングするための膜厚管理をも、厳密にコントロールすることができる。

【0108】しかも、本実施例においては、図3(A)に示す各層のエピタキシャル成長を行なう際に、その成膜時の反射率プロファイルを予めモニタすることができるため、この成膜時の反射率プロファイルを利用して、DBRミラー103及び第2導電型半導体層101Bのエッティングを厳密にコントロールすることが可能となる。また、この反射率プロファイルに基づくエッティングは、DBRミラー103の上部の各層のエッティングにも適用

できる。

【0109】(位置検出センサへの応用) 図12は、上記実施例にかかる光検出部付きの半導体レーザ装置100を、位置検出センサに適用した実施例を示している。このセンサによれば、位置を検出すべき検出対象300には例えば凹部302が形成されている。発光部100Aから出射されたレーザは、この凹部302とそれ以外の領域とで反射され、発光部100Aの周囲に設けられた例えば2つの光検出部100Bにて、その反射光が検出される。ところで、発光部100Aと光検出部100Bとは、同一基板102上に、パターニング精度で正確に配置されている。従って、この2つの光検出部100Bにて検出された反射光の受光量の割合をモニタすることで、被測定対象300の位置を検出することができる。光検出部100Bが一つの場合には、その一つの光検出部100Bにて検出される受光量により、被測定対象300の位置を検出することができる。

【0110】(圧力センサへの応用) 図13は、本実施例にかかる検出部付きの半導体レーザ装置100を、圧力センサに適用した実施例を示している。このレーザ装置100は、基台400上に配置され、作用する圧力によって変位する変位部材例えば金属薄膜402が、弹性体例えばゴム404を介して基台400上に配置されている。この圧力センサでは、図12に示す位置検出センサの場合と同様に、例えば中央の発光部100Aより出射されたレーザが、金属薄膜402の裏面にて反射され、その反射光が複数の光検出部100Bにて検出される。そして、この複数の光検出部100Bにて検出される受光量の割合をモニタすることで、金属薄膜402に作用する圧力の大きさを検出することができる。

【0111】(モニタ用としての光検出部の使用) 光検出部100Bは、発光部100Aより出射されるレーザ光の強度をモニタするために用いることができる。一般に、この種の半導体レーザはキャップ封止される。この場合、キャップに形成された光取り出し用のガラス窓は、例えば1%程度の光を光検出部100Bに向けて反射させるように加工することができる。そして、発光部100Aより出射されたレーザ光はキャップのガラス窓で反射され、その反射した微弱な光を光検出部100Bにて検出することができる。この際、検出された反射光の強度が低下したら、半導体レーザの出力低下と判断し、APC(オートパワーコントロール)回路により半導体レーザに多く電流を流すことで、光出力の自動制御が可能となる。

【0112】なお、本発明は上記実施例に限定されるものではなく、本発明の要旨の範囲内で種々の変形実施が可能である。本発明の光検出部付きの半導体レーザ装置は、上述の位置検出センサ、圧力センサ等に適用されるものに限らず、高電送速度光ファイバリンク、高速光カプラ、光ドライブ、光空間電送、光ピックアップなどに

も適用することが可能である。これらの用途に応じて、分離溝116などで発光部100Aと光検出部100Bとを電気的に絶縁するか否かを決定すればよい。

【0113】また、本発明方法は図3から図5に示す手順又は順序で行うものに限らず、他の種々の変形実施が可能である。例えば、図3(B)の柱状部分114を形成するためのエッチング時に、同時に光検出部100B側のエピタキシャル層をエッチングしても良い。その後、光検出部100B側の残りのD B Rミラー103及び第2導電型半導体層101Bを含むエピタキシャル層を、所定の第2導電型半導体層101B2の膜厚が得られるまで連続してエッチングすることもできる。さらに、例えば図5(B)の上部電極112、誘電体多層膜ミラー111の形成工程を、図4(A)の工程の前で行うなど、工程順序を入れ替えることもできる。

#### 【0114】

##### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例に係る光検出部を備えた面発光型半導体レーザの断面を模式的に示す断面図である。

【図2】図1に示す装置の概略斜視図である。

【図3】(A)～(C)は、それぞれ図1に示す装置の製造プロセスを説明するための概略断面図である。

【図4】(A)～(C)は、それぞれ図3のプロセスに引き続き行われる製造プロセスを示す概略断面図である。

【図5】(A), (B)は、それぞれ図4に示すプロセスに引き続き行われる製造プロセスを示す概略断面である。

【図6】図1に装置中の光検出部における第2導電型層の膜厚と光电流との関係を示す特性図である。

【図7】図1に示す装置のエピタキシャル層の成膜装置の一例であるMOVPE装置を示す概略断面図である。

【図8】図7の装置を用いて、第2導電型層及び下部ミ

ラーを成膜する工程にて、各層の反射率の経時的变化を示す特性図である。

【図9】図8中の第2導電型層の膜厚と反射率との関係を示す特性図である。

【図10】エッチングしながらエピタキシャル層の反射率を測定できるR I B E装置の概略図である。

【図11】図10の装置を用いて下部ミラー及び第2導電型層をエッチングする際の、各層の反射率の経時的变化を示す特性図である。

【図12】図1に示す装置を用いた位置検出センサでの検出原理を示す概略図である。

【図13】図1に示す装置を用いた圧力センサでの検出原理を示す概略図である。

##### 【符号の説明】

100A 発光部(面発光型半導体レーザ)

100B 光検出部(フォトダイオード)

101A 第1導電型半導体層

101B, 101B1, 101B2 第2導電型半導体層

102 高抵抗半導体基板

103 下部ミラー

104 第1クラッド層

105 活性層

106 第2クラッド層

107 第1絶縁層

108 第2絶縁層

109 コンタクト層

111 上部ミラー

112 上部電極

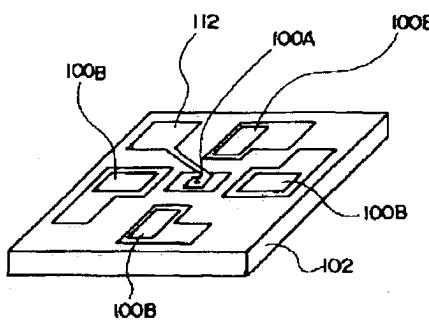
113 開口部

114 柱状部分

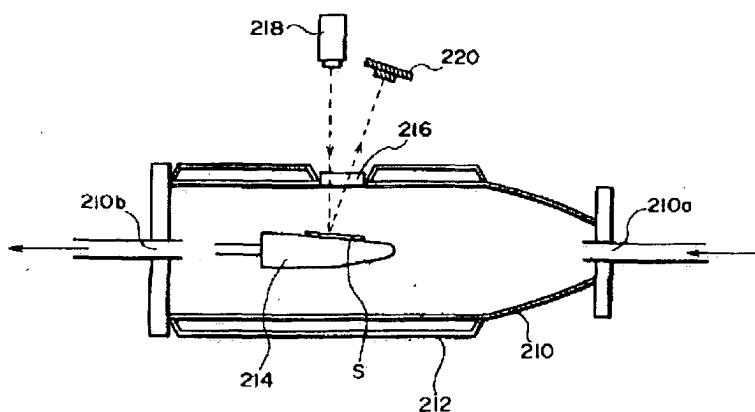
116 分離溝

120 光共振器

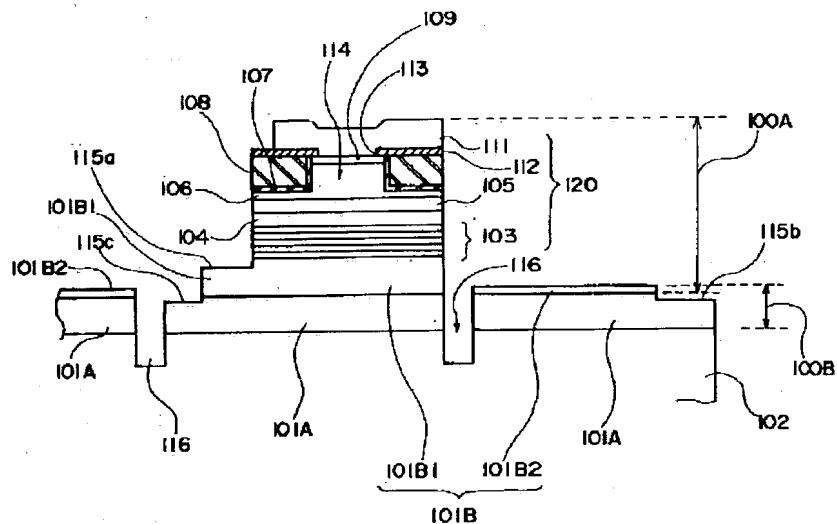
【図2】



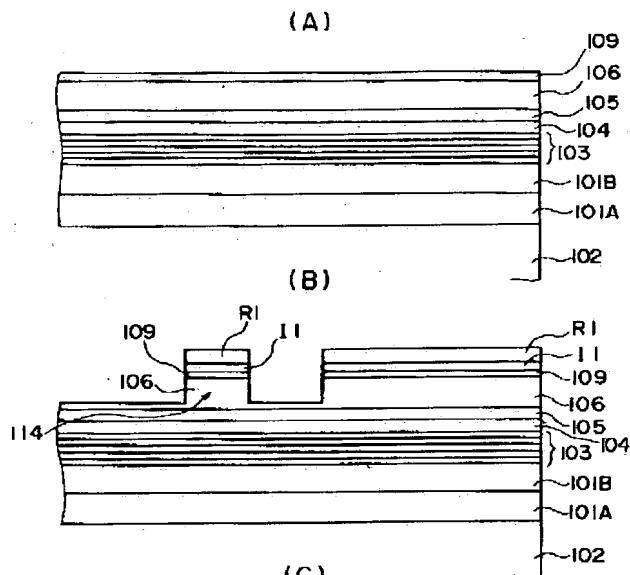
【図7】



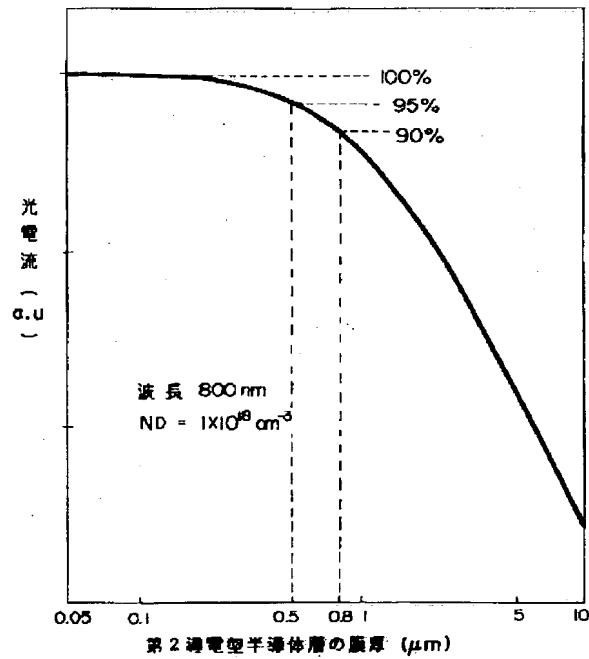
【図 1】



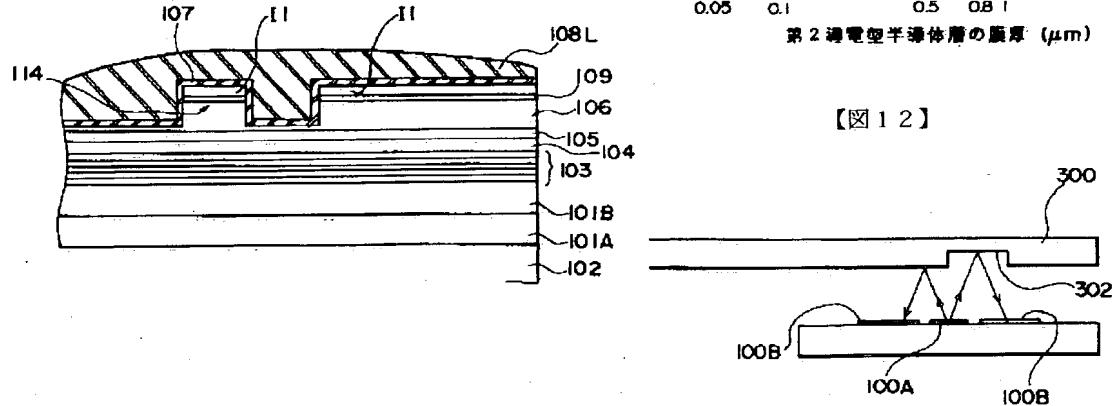
【图3】



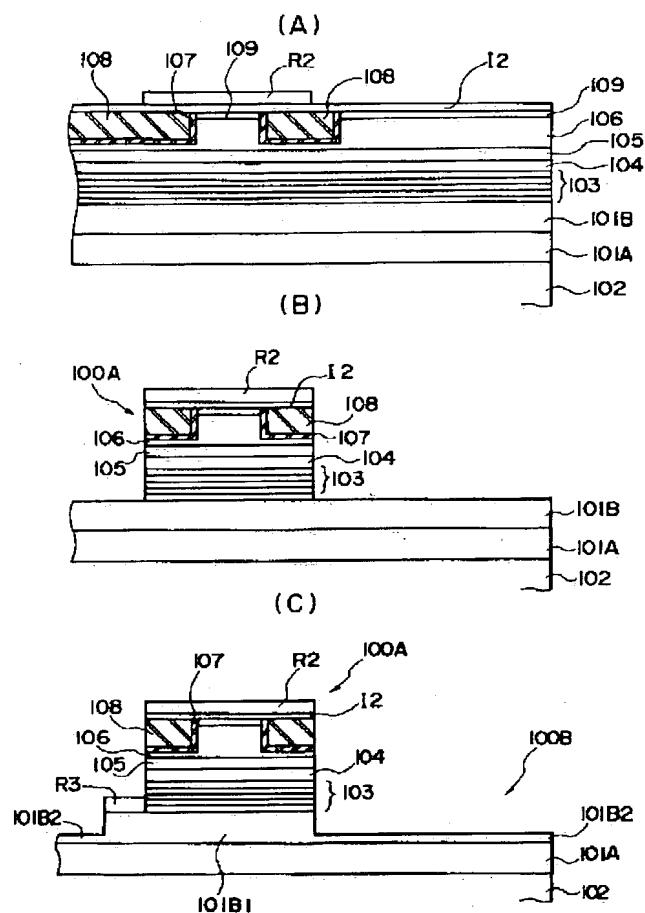
【図6】



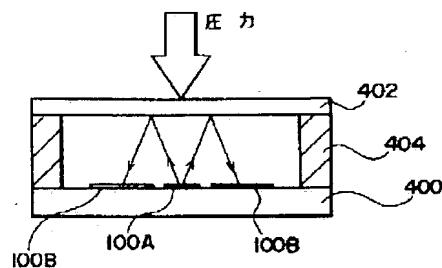
【図12】



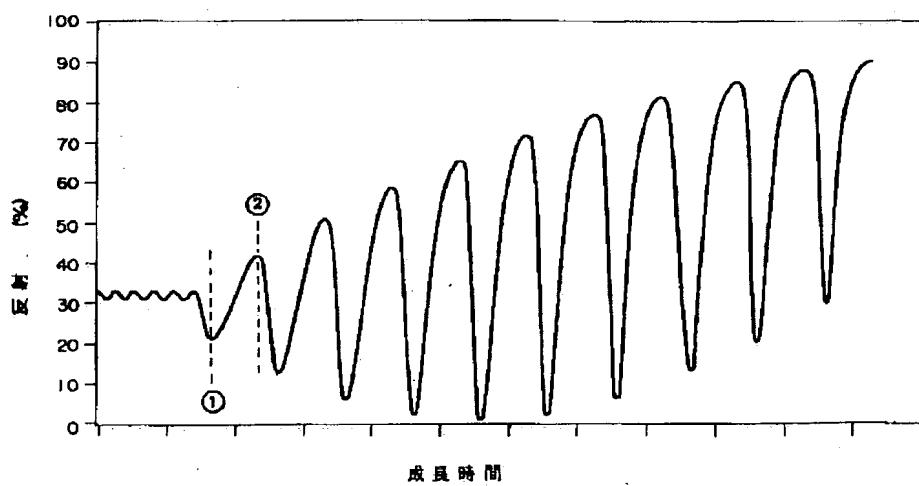
【図4】



【図13】

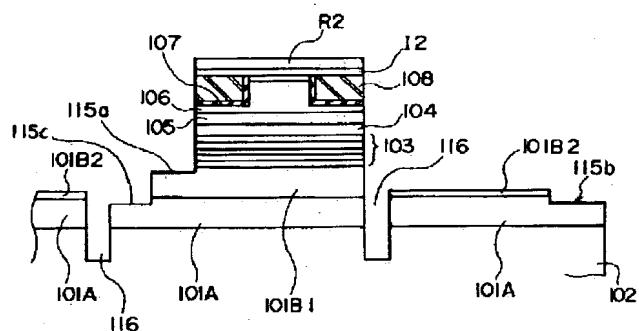


【図8】

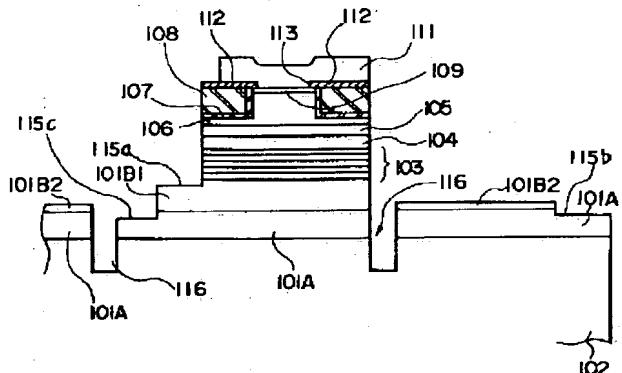


【図5】

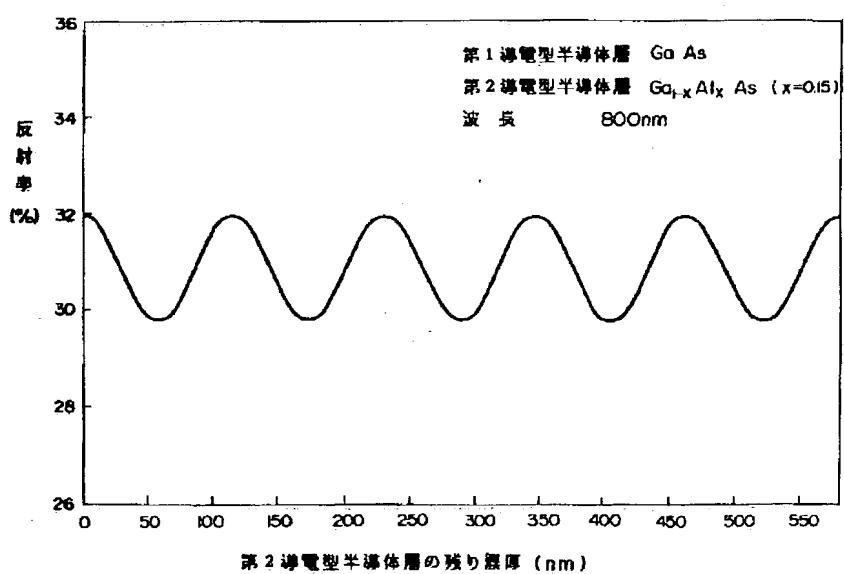
(A)



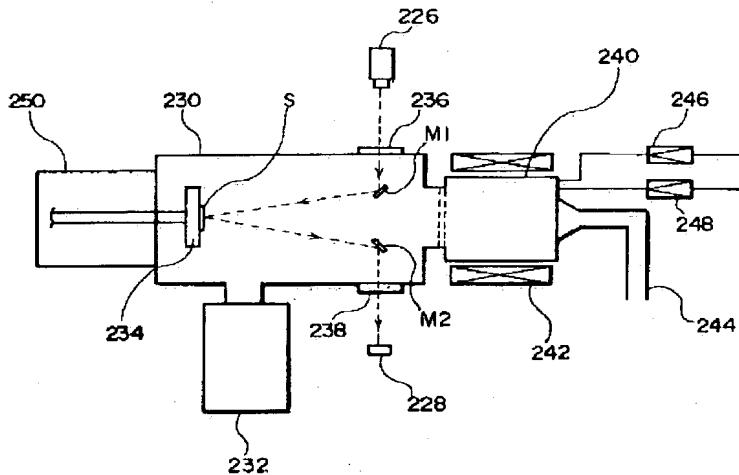
(B)



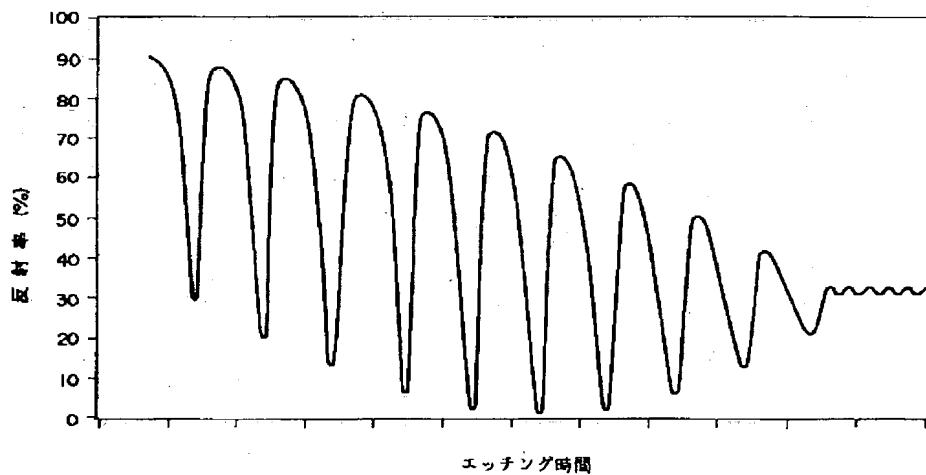
【図9】



【図10】



【図11】



## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

JP-A 9-27611

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## CLAIMS

## [Claim(s)]

[Claim 1] Field luminescence type semiconductor laser characterized by providing the following. It is the 1st conductivity-type semiconductor layer to at least two fields on the semiconductor substrate of high resistance, respectively. The 2nd conductivity-type semiconductor layer carries out a laminating, and is formed. in one field On the 2nd conductivity-type semiconductor layer, the optical resonator which carries out outgoing radiation of the light is formed in the direction perpendicular to the aforementioned semiconductor substrate. in the field of another side A photodiode consists of the above 1st and a 2nd conductivity-type semiconductor layer, and the aforementioned 2nd conductivity-type semiconductor layer of aforementioned one field is formed by the thickness of 1 micrometers or more. The photodetection section to which the aforementioned 2nd conductivity-type semiconductor layer which is used as a lower electrode for current pouring to the aforementioned optical resonator, and constitutes the aforementioned photodiode from a field of aforementioned another side is characterized by being formed in the thickness of less than 1 micrometer.

[Claim 2] Field luminescence type semiconductor laser equipped with the photodetection section characterized by the aforementioned 2nd conductivity-type semiconductor layer thickness in aforementioned one field being 5 micrometers or less in the claim 1.

[Claim 3] It is the field luminescence type semiconductor laser equipped with the photodetection section characterized by the carrier concentration of the aforementioned 2nd conductivity-type semiconductor layer being  $5 \times 10^{17} - 2 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$  in a claim 2.

[Claim 4] Field luminescence type semiconductor laser equipped with the photodetection section to which the aforementioned 2nd conductivity-type semiconductor layer thickness in aforementioned one field is characterized by being 2-3 micrometers in the claim 1.

[Claim 5] It is the field luminescence type semiconductor laser equipped with the photodetection section characterized by the carrier concentration of the aforementioned 2nd conductivity-type semiconductor layer being  $1 \times 10^{18} - 1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$  in a claim 4.

[Claim 6] Field luminescence type semiconductor laser equipped with the photodetection section characterized by the aforementioned 2nd conductivity-type semiconductor layer thickness in the field of aforementioned another side being 0.8 micrometers or less in a claim 1 or either of 5.

[Claim 7] Field luminescence type semiconductor laser equipped with the photodetection section characterized by the aforementioned 2nd conductivity-type semiconductor layer thickness in the field of aforementioned another side being 0.5 micrometers or less in a claim 1 or either of 5.

[Claim 8] The claim 1 or either of 7 which is characterized by providing the following. The aforementioned optical resonator is the reflective mirror of a couple. The multilayer semiconductor layer which is formed between the reflective mirrors of the aforementioned couple and contains a barrier layer and a clad layer at least. The photodetection section which it \*\*\*\*, and it is considered as the pillar-shaped portion in which the upper layer side of the aforementioned multilayer semiconductor layer which contains the aforementioned clad layer at least was formed pillar-shaped, and carries out [ that an insulating layer embeds and it is formed in the circumference of the aforementioned pillar-shaped

portion, and the up electrode which attends the end face of the aforementioned pillar-shaped portion, and has opening is prepared further and the optical outgoing-radiation side mirror of the mirrors of the aforementioned couple covers the aforementioned opening, and is formed, and

[Claim 9] The claim 8 characterized by providing the following. The aforementioned multilayer semiconductor layer which the mirror formed on the aforementioned 2nd conductivity-type semiconductor layer among the reflective mirrors of the aforementioned couple is a semiconductor multilayer mirror, and the mirror by the side of the aforementioned optical outgoing radiation is a dielectric multilayer reflecting mirror, and is formed between the mirrors of the aforementioned couple is the 1st clad layer formed on the aforementioned semiconductor multilayer mirror. The barrier layer of the quantum well structure formed on the aforementioned 1st clad layer. The 2nd clad layer formed on the aforementioned barrier layer. The photodetection section characterized by the aforementioned pillar-shaped portion being constituted by the aforementioned 2nd clad layer and the aforementioned contact layer including the contact layer formed on the aforementioned 2nd clad layer.

[Claim 10] The claim 1 or either of 9 which is characterized by providing the following. Between the aforementioned 1st conductivity-type semiconductor layer of aforementioned one field, and the aforementioned 1st conductivity-type semiconductor layers of the field of aforementioned another side. The photodetection section to which between the aforementioned 2nd conductivity-type semiconductor layer of aforementioned one field and the aforementioned 2nd conductivity-type semiconductor layers of the field of aforementioned another side is characterized by insulating electrically, respectively.

[Claim 11] The manufacture method of the field luminescence type semiconductor laser equipped with the photodetection section characterized by providing the following. It is common to the above 1st on the (a) aforementioned substrate, and the 2nd field in forming field luminescence type semiconductor laser in the 1st field on a high resistance semiconductor substrate, and forming a photodiode in the 2nd field on the aforementioned substrate, and is the 1st conductivity-type semiconductor layer. The 2nd conductivity-type semiconductor layer with a thickness of 1 micrometers or more. Each class excluding the reflective mirror by the side of optical outgoing radiation among the optical resonators formed in the multilayer semiconductor layer formed the reflective mirror of a couple, and between them. The process which \*\*\*\*\*'s the upper layer side of the aforementioned multilayer semiconductor layer which contains a clad layer at least pillar-shaped, and forms a pillar-shaped portion about the process which carries out \*\*\*\*\* epitaxial growth, and the 1st field of the above of the (b) aforementioned epitaxial growth phase, (c) The process which carries out embedded formation of the insulating layer around the aforementioned pillar-shaped portion, and the process which forms the up electrode which attends the end face of the (d) aforementioned pillar-shaped portion, and has opening, (e) The process which covers the aforementioned opening and forms the reflective mirror by the side of optical outgoing radiation, and process which \*\*\*\*\*'s the 2nd field of the above of the (f) aforementioned epitaxial growth phase to the middle of the aforementioned 2nd conductivity-type semiconductor layer, and forms the aforementioned 2nd conductivity-type semiconductor layer thickness in less than 1 micrometer.

[Claim 12] The manufacture method of the field luminescence type semiconductor laser equipped with the photodetection section characterized by providing the following. It is common to the above 1st on the (a) aforementioned substrate, and the 2nd field in forming field luminescence type semiconductor laser in the 1st field on a high resistance semiconductor substrate; and forming a photodiode in the 2nd field on the aforementioned substrate, and is the 1st conductivity-type semiconductor layer. The 2nd conductivity-type semiconductor layer with a thickness of 1 micrometers or more. Semiconductor multilayer mirror. The process which grows epitaxially the 1st clad layer, the barrier layer of quantum well structure, the 2nd clad layer, and a contact layer one by one, (b) It \*\*\*\*\*'s pillar-shaped to the middle of the aforementioned 2nd clad layer about the 1st field of the above of the aforementioned epitaxial growth phase. The process which forms the pillar-shaped portion which consists of the aforementioned 2nd clad layer and a contact layer, (c) The process which carries out embedded formation of the insulating layer around the aforementioned pillar-shaped portion, and the process which forms the up electrode which attends the end face of the (d) aforementioned pillar-shaped portion, and has opening, (e) The process which covers the aforementioned opening and forms a dielectric multilayer

reflecting mirror, and process which \*\*\*\*\*s the 2nd field of the above of the (f) aforementioned epitaxial growth phase to the middle of the aforementioned 2nd conductivity-type semiconductor layer, and forms the aforementioned 2nd conductivity-type semiconductor layer thickness in less than 1 micrometer.

[Claim 13] The manufacture method of the field luminescence type semiconductor laser equipped with the photodetection section which sets carrier concentration of the aforementioned 2nd conductivity-type semiconductor layer to  $5 \times 10^{17} - 2 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ , and is characterized by forming the aforementioned 2nd conductivity-type semiconductor layer thickness in 5 micrometers or less at the aforementioned process (a) in a claim 11 or 12.

[Claim 14] The manufacture method of the field luminescence type semiconductor laser equipped with the photodetection section which sets carrier concentration of the aforementioned 2nd conductivity-type semiconductor layer to  $1 \times 10^{18} - 1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ , and is characterized by forming the aforementioned 2nd conductivity-type semiconductor layer thickness in 2-3 micrometers at the aforementioned process (a) in a claim 11 or 12.

[Claim 15] The manufacture method of the field luminescence type semiconductor laser equipped with the photodetection section characterized by forming the aforementioned 2nd conductivity-type semiconductor layer thickness in 0.8 micrometers or less at the aforementioned process (f) in a claim 11 or either of 14.

[Claim 16] The manufacture method of the field luminescence type semiconductor laser equipped with the photodetection section characterized by forming the aforementioned 2nd conductivity-type semiconductor layer thickness in 0.5 micrometers or less at the aforementioned process (f) in a claim 11 or either of 14.

[Claim 17] In a claim 11 or either of 16 at the aforementioned process (a) The light of predetermined wavelength is irradiated at least to the aforementioned mirror of the aforementioned 2nd conductivity-type semiconductor layer and its upper layer at the time of epitaxial growth of the aforementioned mirror of the 2nd conductivity-type semiconductor layer and its upper layer. The manufacture method of the field luminescence type semiconductor laser equipped with the photodetection section characterized by controlling the thickness of the aforementioned mirror of the aforementioned 2nd conductivity-type semiconductor layer and its upper layer by detecting the reflectance spectrum and measuring the reflection factor pro FAIRU.

[Claim 18] In a claim 11 or either of 17 at the aforementioned process (f) The light of predetermined wavelength is irradiated at least to the semiconductor layer of the 2nd conductivity type of the above, and the aforementioned mirror of the upper layer at the time of etching of the aforementioned mirror of the 2nd conductivity-type semiconductor layer and its upper layer. The manufacture method of the field luminescence type semiconductor laser equipped with the photodetection section characterized by controlling the amount of etching of the semiconductor layer of the 2nd conductivity type of the above, and the aforementioned mirror of the upper layer by detecting the reflectance spectrum and measuring the reflection factor pro FAIRU.

[Claim 19] The claim 11 or either of 18 which is characterized by providing the following. Between the aforementioned 1st conductivity-type semiconductor layer of aforementioned one field, and the aforementioned 1st conductivity-type semiconductor layers of the field of aforementioned another side. The photodetection section characterized by establishing further the process which insulates electrically between the aforementioned 2nd conductivity-type semiconductor layer of aforementioned one field, and the aforementioned 2nd conductivity-type semiconductor layers of the field of aforementioned another side, respectively.

[Claim 20] The sensor characterized by having the field luminescence type semiconductor laser equipped with the photodetection section according to claim 10, irradiating the laser beam by which outgoing radiation was carried out from the aforementioned light-emitting part at the measuring object-ed from which a position changes, receiving the reflected light in the aforementioned photodetection section, and detecting the position of the aforementioned measuring object-ed.

[Claim 21] the member which displaces the laser beam by which has the field luminescence type

semiconductor laser equipped with the photodetection section according to claim 10, and outgoing radiation was carried out from the aforementioned light-emitting part according to the pressure which acts -- irradiating -- the reflected light -- the aforementioned photodetection section -- receiving light -- the above -- a variation rate -- the sensor characterized by detecting the size of the pressure which acts on a member

[Claim 22] The sensor characterized by detecting based on the distribution of the light income which has two or more aforementioned photodetection sections which receive the aforementioned reflected light of the laser beam by which outgoing radiation was carried out from the one aforementioned light-emitting part in a claim 20 or 21, respectively, and was detected in two or more aforementioned photodetection sections, respectively.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

**DETAILED DESCRIPTION**

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] this invention relates to the field luminescence type semiconductor laser equipped with the photodetection section, its manufacture method, and the sensor using it.

[0002]

[Description of the Prior Art] The optical pickup which uses light, records information and is reproduced as what uses the photodetection section which consists of a photodiode, a transistor, etc., and light-emitting parts, such as semiconductor laser, by the couple is known. This carries out incidence of the laser beam from semiconductor laser to a record medium, detects the reflected light in the photodetection section, and performs informational record and reproduction. Moreover, in an optical interconnection or an optical computer, by the light by which incidence was carried out to the photodetection section, it energizes to semiconductor laser and outgoing radiation of the laser beam is carried out from this semiconductor laser according to the optical intensity which carried out incidence to the photodetection section.

[0003] It is necessary to set up the physical relationship of the photodetection section and semiconductor laser strictly in the semiconductor laser equipped with this kind of photodetection section.

[0004] Here, when the photodetection section and semiconductor laser are formed with another object, both physical relationship has a limitation in securing a high attachment precision depending on a subsequent mounting precision.

[0005] On the other hand, the proposal which formed the photodetection section and the light-emitting part on the same substrate at JP,5-190978,A and JP,6-209138,A is also made.

[0006] In invention indicated by each of these official reports, on the same substrate, the crystal growth of the crystal-growth layer required for the photodetection section and a light-emitting part is carried out simultaneously, and it is formed. For this reason, the physical relationship of the photodetection section and a light-emitting part becomes settled in the patterning precision in a photo lithography process, and can secure a high position precision.

[0007] However, in a light-emitting part and the photodetection section, the optimum conditions searched for in the same crystal-growth layer differed, and when the crystal-growth layer was formed on the process conditions suitable for one element property, there was a problem on which the element property of another side deteriorates.

[0008] When the crystal growth was performed on the process conditions which suited the element property of a light-emitting part especially, the sensitivity of the photodetection section deteriorated and light of intensity feeble in the photodetection section was not able to be detected with a sufficient precision.

[0009] Then, the purpose of this invention is to offer the field luminescence type semiconductor laser equipped with the detecting element which can both secure the laser oscillation property in a light-emitting part, and the sensitivity property in the photodetection section good, its manufacture method,

and the sensor using it, though a light-emitting part and a detecting element are formed on the same substrate.

[0010]

[Means for Solving the Problem] In the field luminescence type semiconductor laser which has the photodetection section concerning invention of a claim 1, the 1st conductivity-type semiconductor layer and the 2nd conductivity-type semiconductor layer carry out a laminating to at least two fields on the semiconductor substrate of high resistance, and are formed in them. The optical resonator which carries out outgoing radiation of the light is formed in the direction perpendicular to the aforementioned semiconductor substrate on the 2nd conductivity-type semiconductor layer at one field on a substrate. In the field of another side on a substrate, the photodiode consists of the above 1st and a 2nd conductivity-type semiconductor layer. And the aforementioned 2nd conductivity-type semiconductor layer of aforementioned one field is formed by the thickness of 1 micrometers or more, and is used as a lower electrode for current pouring to the aforementioned optical resonator. Furthermore, the aforementioned 2nd conductivity-type semiconductor layer which constitutes the aforementioned photodiode from a field of aforementioned another side is formed in the thickness of less than 1 micrometer.

[0011] Thus, the reason for changing a light-emitting part and the photodetection section in the 2nd conductivity-type semiconductor layer thickness is as follows. Since the 2nd conductivity-type semiconductor layer by the side of a light-emitting part functions as a bottom electrode layer, if the layer resistance is not made small, the resistance further added to element resistance of a light-emitting part becomes large, and it becomes impossible first, to disregard generation of heat. Depending on the thickness and carrier concentration, although resistance is made low, if the thickness of the resistance of the 2nd conductivity-type semiconductor layer is thick, it can make carrier concentration low. And if the minimum of the thickness is 1 micrometer, it will not become the superfluous carrier concentration which exceeds  $2 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$  although resistance is made small, but crystal degradation resulting from high carrier concentration will also be reduced. Since the 2nd conductivity-type semiconductor layer by the side of the photodetection section is also formed in the same process as the 2nd conductivity-type semiconductor layer by the side of a light-emitting part, crystal degradation stops arising also in a photodetection section side, and it does not degrade optical-current conversion rate, either. Moreover, the carrier concentration of the 2nd conductivity-type semiconductor layer is setting thickness of the 2nd conductivity-type semiconductor layer of the photodetection section to less than 1 micrometer, in order to stop low the rate of an optical absorption in the 2nd conductivity-type semiconductor layer by the side of the photodetection section which has the same carrier concentration as a light-emitting part side since it is determined depending on the resistance in a light-emitting part.

[0012] Invention of a claim 2 defines that the semiconductor layer thickness of the 2nd conductivity type of the above in aforementioned one field is 5 micrometers or less.

[0013] Although the 2nd conductivity-type semiconductor layer thickness by the side of a light-emitting part can make resistance small so that it is thick, since the part growth time will become long and mass-production nature and crystallinity will pose a problem if thickness is thick, it may be 5 micrometers or less.

[0014] Invention of a claim 3 It defines that the carrier concentration of the semiconductor layer of the 2nd conductivity type of the above is  $5 \times 10^{17} - 2 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ .

[0015] When thickness of the 2nd conductivity-type semiconductor layer by the side of a light-emitting part is set to 5 micrometers of the upper limit, and carrier concentration required for the reduction in resistance is set to  $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$  and it is referred to as 1 micrometer of the minimum, the carrier concentration of  $2 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$  is needed. Therefore, when it takes into consideration that it is 1 micrometer - 5 micrometers about the thickness of the 2nd conductivity-type semiconductor layer by the side of a light-emitting part, as for the carrier concentration, it is desirable to be referred to as  $5 \times 10^{17} - 2 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ .

[0016] Invention of a claim 4 defines that the semiconductor layer thickness of the 2nd conductivity type of the above in aforementioned one field is 2-3 micrometers. When mass-production nature and both sides with crystallinity are considered as low resistance-ization of the 2nd conductivity-type

semiconductor layer by the side of a light-emitting part, it is desirable to make thickness into the above-mentioned range.

[0017] Invention of a claim 5 defines that the carrier concentration of the semiconductor layer of the 2nd conductivity type is  $1 \times 10^{18}$ - $1 \times 10^{19}$ cm $^{-3}$ . When thickness of the 2nd conductivity-type semiconductor layer of a light-emitting part is set to 2 micrometers - 3 micrometers which is a more suitable range, as for the viewpoint which secures low resistance to the carrier concentration, it is desirable to be referred to as  $1 \times 10^{18}$ - $1 \times 10^{19}$ cm $^{-3}$ .

[0018] Invention of a claim 6 defines that the semiconductor layer thickness of the 2nd conductivity type of the above in the field of aforementioned another side is 0.8 micrometers or less.

[0019] As shown in claims 6 and 7, it is [ the semiconductor layer thickness of the 2nd conductivity type of the above in the field of aforementioned another side ] preferably good to be referred to [ 0.8 micrometers or less ] as 0.5 micrometers or less still more preferably. It is because optical-current conversion efficiency in the photodetection section is highly securable. In addition, as for the thickness of the 2nd conductivity-type semiconductor layer of the field in this photodetection section, it is desirable that it is 0.1 micrometers or more. One of the reason of this is because problems, such as generation of heat, will arise that current cannot flow easily if less than this lower limit. Moreover, it is because a photoelectric conversion efficiency does not improve as below-mentioned even if carrying out the thickness control also of the manufacture process top to below the lower limit at the time of etching makes it the thin film which is less than about [ being difficult ] and its lower limit as other reasons.

When this point is taken into consideration, the thickness of the 2nd conductivity-type semiconductor layer of the field in this photodetection section is referred to as 0.4-0.5 micrometers, practically sufficient photoelectric conversion efficiency is obtained and, moreover, a manufacture process does not have a bird clapper as it is difficult.

[0020] The aforementioned optical resonator was formed between the reflective mirror of a couple, and the reflective mirror of the aforementioned couple, and defines by invention of a claim 8 the composition containing the multilayer semiconductor layer which contains a barrier layer and a clad layer at least. In this case, the upper layer side of the aforementioned multilayer semiconductor layer which contains the aforementioned clad layer at least is used as the pillar-shaped portion formed pillar-shaped, and an insulating layer embeds and is formed in the circumference of the aforementioned pillar-shaped portion. Furthermore, the up electrode which attends the end face of the aforementioned pillar-shaped portion, and has opening is prepared further, and the optical outgoing radiation side mirror of the mirrors of the aforementioned couple covers the aforementioned opening, and is formed.

[0021] According to this structure, the current poured into a resonator and the light which this produces in a barrier layer are shut up by the pillar-shaped portion embedded in the insulating layer, and can carry out laser oscillation efficiently.

[0022] In adopting the above-mentioned structure, as shown in a claim 9, the inside of the reflective mirror of the aforementioned couple, The mirror formed on the semiconductor layer of the 2nd conductivity type of the above is a semiconductor multilayer mirror. The aforementioned multilayer semiconductor layer which the mirror by the side of the aforementioned optical outgoing radiation is a dielectric multilayer reflecting mirror, and is formed between the mirrors of the aforementioned couple. The 1st clad layer formed on the aforementioned semiconductor multilayer mirror, and the barrier layer of the quantum well structure formed on the aforementioned 1st clad layer, It is desirable that the aforementioned pillar-shaped portion is constituted by the aforementioned 2nd clad layer and the aforementioned contact layer including the 2nd clad layer formed on the aforementioned barrier layer and the contact layer formed on the aforementioned 2nd clad layer.

[0023] With this structure, the current poured into the optical resonator is efficiently changed into light by the quantum well barrier layer, it is the reflective mirror which consists of a semiconductor multilayer mirror and a dielectric multilayer reflecting mirror, and when the light goes back and forth between the reflective mirrors which have a comparatively high reflection factor by multilayer structure, is efficient and is amplified. And the current poured in into the optical resonator and the light generated and amplified are shut up by the insulating layer embedded to the circumference of a pillar-shaped

portion, and can perform laser oscillation operation efficiently.

[0024] Invention of a claim 10 is characterized by insulating electrically between the 2nd conductivity-type semiconductor layer of one field, and the 2nd conductivity-type semiconductor layers of the field of another side, respectively between the 1st conductivity-type semiconductor layer of one field, and the 1st conductivity-type semiconductor layers of the field of another side.

[0025] If it carries out like this, the reflected light of the laser beam by which a light-emitting part and the photodetection section became independent electrically, for example, outgoing radiation was carried out from the light-emitting part can be received in the photodetection section, the reflectivity can be measured, and it can use as various sensors.

[0026] Invention of a claim 11 defines the manufacture method of the field luminescence type semiconductor laser equipped with the photodetection section of a claim 8. Are common to the above 1st on the (a) aforementioned substrate, and the 2nd field in forming field luminescence type semiconductor laser in the 1st field on a high resistance semiconductor substrate, and forming a photodiode in the 2nd field on the aforementioned substrate by this method. The semiconductor layer of the 1st conductivity type, and the semiconductor layer of the 2nd conductivity type with a thickness of 1 micrometers or more, Each class excluding the reflective mirror by the side of optical outgoing radiation among the optical resonators formed in the multilayer semiconductor layer formed the reflective mirror of a couple, and between them, The process which \*\*\*\*\*'s the upper layer side of the aforementioned multilayer semiconductor layer which contains a clad layer at least pillar-shaped, and forms a pillar-shaped portion about the process which carries out \*\*\*\*\* epitaxial growth, and the 1st field of the above of the (b) aforementioned epitaxial growth phase, (c) The process which embeds and forms an insulating layer in the circumference of the aforementioned pillar-shaped portion, and the process which forms the up electrode which attends the end face of the (d) aforementioned pillar-shaped portion, and has opening, (e) The process which covers the aforementioned opening and forms the reflective mirror by the side of optical outgoing radiation, and the 2nd field of the above of the (f) aforementioned epitaxial growth phase are \*\*\*\*\*'ed to the middle of the semiconductor layer of the 2nd conductivity type of the above. It is characterized by having the process which forms the semiconductor layer thickness of the 2nd conductivity type of the above in less than 1 micrometer.

[0027] Invention of a claim 12 defines the manufacture method of the field luminescence type semiconductor laser equipped with the photodetection section of a claim 9. The reflective mirror of the (a) process of invention of a claim 11 was used as the semiconductor multilayer mirror, the multilayer semiconductor layer was used as the 1st clad layer of the 2nd conductivity type, the barrier layer of quantum well structure, the 2nd clad layer of the 1st conductivity type, and the contact layer of the 1st conductivity type, and this method defines growing these each class epitaxially one by one.

[0028] Invention of a claim 13 defines the manufacture method of the field luminescence type semiconductor laser equipped with the photodetection section, at the aforementioned process (a), sets carrier concentration of the semiconductor layer of the 2nd conductivity type of the above to  $5 \times 10^{17}$ - $2 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ , and forms the semiconductor layer thickness of the 2nd conductivity type of the above in 5 micrometers or less.

[0029] Invention of a claim 14 defines the manufacture method of the field luminescence type semiconductor laser equipped with the photodetection section of a claim 5, at the aforementioned process (a), sets carrier concentration of the semiconductor layer of the 2nd conductivity type of the above to  $1 \times 10^{18}$ - $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ , and forms the semiconductor layer thickness of the 2nd conductivity type of the above in 2-3 micrometers.

[0030] Invention of a claim 15 defines the manufacture method of the field luminescence type semiconductor laser equipped with the photodetection section of a claim 6, and forms the semiconductor layer thickness of the 2nd conductivity type of the above in 0.8 micrometers or less at the aforementioned process (c).

[0031] Invention of a claim 16 defines the manufacture method of the field luminescence type semiconductor laser equipped with the photodetection section of a claim 7, and forms the semiconductor layer thickness of the 2nd conductivity type of the above in 0.5 micrometers or less at the

aforementioned process (e).

[0032] Invention of a claim 17 irradiates the light of predetermined wavelength at least at the aforementioned process (a) to the aforementioned mirror of the aforementioned 2nd conductivity-type semiconductor layer and its upper layer at the time of epitaxial growth of the aforementioned mirror of the 2nd conductivity-type semiconductor layer and its upper layer. It is characterized by controlling the thickness of the aforementioned mirror of the aforementioned 2nd conductivity-type semiconductor layer and its upper layer by detecting the reflectance spectrum and measuring the reflection factor pro FAIRU.

[0033] Thereby, about a light-emitting part, while being able to form the thickness of the 2nd conductivity-type semiconductor layer as the design value for low resistance, the thickness for obtaining a predetermined refractive index by the reflective mirror can also be formed as a design. In addition, the thickness of the 2nd conductivity-type semiconductor layer in which it \*\*\*\*\*'s at the next (f) process when talking about a photodetection section side, and the thickness of the mirror of the upper layer can be strictly controlled at the time of membrane formation, and etching for obtaining predetermined thickness at the (f) process becomes easy.

[0034] In invention of a claim 18, it process [ aforementioned ] (f) Set, and at least, at the time of etching of the aforementioned mirror of the 2nd conductivity-type semiconductor layer and its upper layer, the light of predetermined wavelength was irradiated at the semiconductor layer of the 2nd conductivity type of the above, and the aforementioned mirror of the upper layer, the reflectance spectrum was detected, and the reflection factor pro FAIRU is measured. Thereby, the amount of etching of the semiconductor layer of the 2nd conductivity type of the above for obtaining predetermined thickness is strictly controllable. Furthermore, since etching and POIN of the aforementioned mirror of the upper layer can also be measured strictly, the etching starting point of the semiconductor layer of the 2nd conductivity type of the above for obtaining predetermined thickness can also be measured strictly.

[0035] the manufacture method of field luminescence type semiconductor laser that invention of a claim 19 was equipped with the photodetection section of a claim 10 -- giving a definition -- between the above 1st and the 2nd field -- the [ the aforementioned 1st conductivity-type semiconductor layers and ] -- the process which insulates 2 conductivity-type semiconductor layers is established further

[0036] Invention of claims 20-22 defines the sensor using the field luminescence type semiconductor laser equipped with the photodetection section according to claim 10.

[0037] The laser beam by which outgoing radiation was carried out from the light-emitting part was irradiated at the measuring object-ed from which a position changes, the reflected light was received in the aforementioned photodetection section, and the claim 20 defines the sensor which detects the position of the aforementioned measuring object-ed.

[0038] the member which displaces the laser beam by which outgoing radiation was carried out in a claim 21 according to the pressure which acts from a light-emitting part -- irradiating -- the reflected light -- the aforementioned photodetection section -- receiving light -- the above -- a variation rate -- the sensor which detects the size of the pressure which acts on a member is defined

[0039] In [ any ] a sensor, with a light-emitting part, it is efficient and laser oscillation can be carried out, and in the photodetection section, since feeble optical intensity also becomes detectable and the relative position of a light-emitting part and the photodetection section is moreover determined in the patterning precision in a photolithography process, sensing with a high precision can be performed. Moreover, both sensors can be constituted from a minute size and loading of them to small parts etc. is attained.

[0040] The claim 22 defines the sensor which has two or more aforementioned photodetection sections which receive the aforementioned reflected light of the laser beam by which outgoing radiation was carried out from the one aforementioned light-emitting part, respectively in a claim 20 or 21. In this case, sensing can be performed based on the distribution of the light income detected in two or more aforementioned photodetection sections, respectively, and detection precision can be improved as compared with sensing only based on the optical intensity at the time of preparing the single

photodetection section.

[0041]

[Embodiments of the Invention] Hereafter, one example of this invention is explained with reference to a drawing.

[0042] (Outline of whole structure) Drawing 1 is the cross section showing typically the cross section of the light-emitting part of field luminescence type semiconductor laser equipment equipped with the photodetection section in one example of this invention, and the photodetection section, and drawing 2 is the outline perspective diagram.

[0043] As for the semiconductor laser equipment 100 with the photodetection section shown in drawing 1 and drawing 2, light-emitting part 100A and photodetection section 100B are formed in a different field on the high resistance semiconductor substrate 102, respectively. In this example, light-emitting part 100A is field luminescence type semiconductor laser, and photodetection section 100B is formed by the photodiode. As a superficial layout of this light-emitting part 100A and photodetection section 100B, as shown in drawing 2, photodetection section 100B is formed in four around light-emitting part 100A. Such an one apparatus chip that has a layout superficially can be used as various kinds of sensors. For example, when carrying out outgoing radiation of the laser beam and detecting the reflected light by four photodetections sections 100B from light-emitting part 100A towards the member from which a position changes, the amount of displacement of the member from which a position changes can be calculated by the distribution of the light income received by four photodetections sections 100B. When this one apparatus chip constitutes a sensor, the number of light-emitting part 100A and photodetection section 100B is not limited to the number shown in drawing 2. What is necessary is just to have one or more photodetection section 100B to one light-emitting part 100A. Or you may have two or more photodetection section 100B to two or more light-emitting part 100A.

[0044] (Common structure on a substrate) When the common structure of light-emitting part 100A and photodetection section 100B is explained first, in this example, it is formed in a GaAs substrate, high impurity concentration is three or less [  $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$  ] preferably, and the high resistance semiconductor substrate 102 is three or less [  $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$  ] still more preferably.

[0045] On the high resistance GaAs substrate 102, 1st conductivity-type semiconductor layer, for example, p type GaAs layer, 101A is formed, and 2nd conductivity-type semiconductor layer, for example, n type Ga<sub>0.85</sub>aluminum<sub>0.15</sub>As layer, 101B (the layer by the side of light-emitting part 101A is set to 101B1, and let the layer by the side of photodetection section 101B be 101 B-2s) is further formed on it. In addition, this 1st [ the ] and the 2nd conductivity-type semiconductor layers 101A and 101B can be formed in what changed composition of aluminum of other materials, for example, a GaAlAs layer, according to the wavelength of a laser beam. In addition, when carrying out the monitor of the reflection factor and performing a thickness control at the time of membrane formation or etching so that it may mention later, as for the 1st and the 2nd conductivity-type semiconductor layers 101A and 101B, it is desirable to consider as the combination from which material or composition differs from a viewpoint which carries out the monitor of increase of a reflection factor and the reduction clearly. 2nd conductivity-type semiconductor layer 101B is made into the same quality of the material as 1st conductivity-type semiconductor layer 101A, and since forming in an n type GaAs layer is also possible and both layers differ in the polarity of a carrier, and concentration in this case, the reflection factor at the time of the above-mentioned monitor can be changed for every layer. However, when the quality of the material or composition is replaced with, change of a reflection factor cannot be expected in like.

About this point, it mentions later with reference to drawing 9.

[0046] Here, the 1st formed in the field of photodetection section 100B, 2nd conductivity-type semiconductor layer 101A, and 101 B-2 constitute a photodiode.

[0047] On the other hand, the 2nd conductivity-type semiconductor layer 101B1 formed in the field of light-emitting part 100A functions as a bottom electrode layer for pouring current into the optical resonator of field luminescence type semiconductor laser. Although it can combine with this 2nd conductivity-type semiconductor layer 101B1 and 1st conductivity-type semiconductor layer 101A can also be operated as an electrode layer for laser oscillation, about this point, it mentions later.

[0048] Furthermore, it is also possible to detect the light which leaked the 1st formed in the field of light-emitting part 100A, 2nd conductivity-type semiconductor layer 101A, and 101B1 from light-emitting part 100A, and to use it as a photodiode for monitors which carries out the monitor of the laser luminescence intensity.

[0049] In order to give each function mentioned above, the 1st of the field of light-emitting part 100A, 2nd conductivity-type semiconductor layer 101A, and 101B1 are exposed, and these exposed surfaces 115a and 115c turn into an electrode pattern formation side, respectively. Similarly, 1st conductivity-type semiconductor layer 101A of the field of photodetection section 100B is also exposed, and this exposed-surface 115b becomes an electrode pattern formation side.

[0050] In addition, since 2nd conductivity-type semiconductor layer 101B1, 101B-2 formed in light-emitting part 100A and photodetection section 100B, respectively is formed at the same membrane formation process, it grows epitaxially on a substrate 102 by the same carrier concentration. However, it \*\*\*\*\*'s after membrane formation and 2nd conductivity-type semiconductor layer 101B-2 by the side of photodetection section 100B serves as a thin film from the 2nd conductivity-type semiconductor layer 101B1 of light-emitting part 100A.

[0051] Moreover, in this example, the 1st formed in the field of light-emitting part 100A, 2nd conductivity-type semiconductor layer 101A, 101B1, the 1st that were formed in the field of photodetection section 100B, 2nd conductivity-type semiconductor layer 101A, and 101B-2 are electrically insulated by the separation slot 116. However, when using as the method which drives light-emitting part 100A based on the current into which semiconductor laser with this photodetection section was changed in photodetection section 100B, for example, an element used for an optical interconnection, it is not necessary to insulate above-mentioned layer 101A, 101B1 and 101A, and 101B-2 in the separation slot 116 etc.

[0052] (Structure of a light-emitting part) Next, light-emitting part 100A is explained. On the 2nd conductivity-type semiconductor layer 101B1, the laminating of an n type aluminum0.8Ga0.2As layer and the n type aluminum0.15Ga0.85As layer is carried out by turns. As opposed to the light near the wavelength of 800nm for example, 99.5% or more of reflection factor The distribution reflection type multilayer mirror of 40 pairs which it has (below this) 103 which writes a "DBR mirror", the 1st clad layer 104 which consists of an n type aluminum0.7Ga0.3As layer, and n- type GaAs -- a well -- from a layer and an n- type aluminum0.3Ga0.7As barrier layer -- changing -- this -- a well -- the quantum well barrier layer 105 (in the case of this example) by which a layer is constituted from 21 layers it is the barrier layer of multiplex quantum well structure (MQW) -- the laminating of the contact layer 109 which consists of the 2nd clad layer 106 and p+ type aluminum0.15Ga0.85As layer which consist of a p type aluminum0.7Ga0.3As layer is carried out one by one

[0053] And to the middle of the 2nd clad layer 106, seen from the upper surface of the layered product of a semiconductor, it \*\*\*\*\*'s in circular or a rectangle configuration, and the pillar-shaped portion 114 is formed. If the cross section parallel to the substrate 102 of this pillar-shaped portion 114 is made into the rectangle which consists of a long side and a shorter side, the direction of the plane of polarization of the laser beam by which outgoing radiation is carried out from the oscillation field of the pillar-shaped portion 114 can be arranged in the direction of a shorter side.

[0054] To the circumference of this pillar-shaped portion 114, it is embedded by the 1st insulating layer 107 which consists of a silicon oxide (SiOx film) of the SiO2 grade formed of heat CVD, and the 2nd insulating layer 108 which consists of heat resistant resins, such as a polyimide, etc.

[0055] The 1st insulating layer 107 is continuously formed along the front face of the 2nd clad layer 106 and the contact layer 109, and the 2nd insulating layer 108 is formed in the state of embedding the circumference of this 1st insulating layer 107.

[0056] As the 2nd insulating layer 108, insulating silicon compound films, such as silicon carbonization films (SiCX film), such as a silicon oxide (SiOX film) of SiO2 grade, a silicon nitride (SiNX film) of Si3N4 grade, and SiC, and an SOG (SiOX of SiO2 grade by spin-on glass method) film, or the II-VI group compound semiconductor film of a polycrystal is sufficient as for example, ZnSe etc. besides heat resistant resins, such as the above-mentioned polyimide. It is desirable to use the silicon oxide,

polyimide, or SOG film of the SiO<sub>2</sub> grade which can be formed at low temperature also in these insulator layers. Furthermore, formation is easy and it is desirable to use an SOG film from a bird clapper easily, as a front face is flat.

[0057] Here, thickness is 500-2000Å and the 1st insulating layer 107 which consists of a silicon oxide (SiO<sub>x</sub> film) of drawing 1 is formed of the heat CVD of an ordinary pressure. The 2nd insulating layer 108 which consists of a heat resistant resin etc. is required in order to carry out flattening of the front face of an element. For example, although it had high resistance in the heat resistant resin, when it is easy to generate remains of moisture in a film, the semiconductor layer was made to contact directly and it energizes for an element for a long time, a void occurs in an interface with a semiconductor and the property of an element is degraded. Then, like this example, if a thin film like the 1st insulating layer 107 is inserted in a boundary with a semiconductor layer, the 1st insulating layer 107 will serve as a protective coat, and the above-mentioned degradation will not arise. Although there are kinds of the formation methods of the silicon oxide (SiO<sub>x</sub> film) which constitutes the 1st insulating layer, such as a plasma CVD method and a reactant vacuum deposition, the membrane formation method by the ordinary-pressure heat CVD which makes N<sub>2</sub> (nitrogen) gas carrier gas is most suitable using SiH<sub>4</sub> (mono silane) gas and O<sub>2</sub> (oxygen) gas. Since the reason reacts with atmospheric pressure and forms membranes under conditions with still more superfluous O<sub>2</sub>, a film and a bird clapper with them, and its step coverage are good, and the side and the level difference section of the pillar-shaped portion 114 are also that the same thickness as a flat part is obtained. [there are few oxygen deficiencies in a SiO<sub>x</sub> film, and precise]

[0058] In addition, it can also form for example, not only in what forms a buried layer by the 1st and the 2nd insulating layer 107,108 but in an II-VI group compound semiconductor epitaxial layer.

[0059] Moreover, the contact metal layer (top electrode) 112 which consists of Cr and a Au-Zn alloy contacts the contact layer 109 and in the shape of a ring, is formed, and serves as an electrode for current pouring, for example. The portion which is not covered by the top electrode 112 of this contact layer 109 is exposed circularly. And the laminating of the 2nd 2O5-layer layer, for example, the Ta, is fully carried out for the exposed surface (this portion is henceforth described as "opening 113") of the contact layer 109 to the 1st layer, for example, the SiO<sub>x</sub> layer of SiO<sub>2</sub> grade, by turns in wrap area, and the dielectric multilayer reflecting mirror 111 of seven pairs which have 98.5 - 99.5% of reflection factor to the light near the wavelength of 800nm is formed.

[0060] The optical resonator 120 is formed in the multilayer semiconductor layer formed the mirror 103,111 of this couple, and between them. And the 1st layer which constitutes a dielectric multilayer reflecting mirror 111, and each two-layer thickness are set as  $\lambda/4n$ , when wavelength of the laser beam which has the optical-resonator 120 interior guided is set to  $\lambda$  and the refractive index of the wavelength  $\lambda$  in each class is set to  $n$ .

[0061] (Laser oscillation operation by the optical resonator) Forward voltage is impressed between the bottom electrode layers 101B1 in contact with the top electrode 112 and the electrode which was formed on pattern formation side 115a shown in drawing 1 and which is not illustrated, and current (in the case of this example, voltage is impressed in direction of [from the top electrode 112] 2nd conductivity-type semiconductor layer 101B1 which is bottom electrode layer) pouring is performed. The poured-in current is amplified when the light goes back and forth between the reflecting mirrors which are changed into light by the quantum well barrier layer 105, and consist of a DBR mirror 103 and a dielectric multilayer reflecting mirror 111. And the current poured in into the optical resonator 120 and the light generated and amplified are shut up by the 1st and the 2nd insulating layer 107,108 which were embedded to the circumference of the pillar-shaped portion 114, and can perform laser oscillation operation efficiently.

[0062] And a laser beam is perpendicularly emitted to a substrate 102 through opening 113 (exposed surface of the contact layer 109), and a dielectric multilayer reflecting mirror 111.

[0063] As other drive methods, in p type semiconductor layer 101A, the n-type-semiconductor layer 101B1, and p type section of an optical resonator 120, transistor structure can be constituted and it can also energize to a barrier layer. For example, if minute current is added to the n-type-semiconductor

layer 101B1 when the voltage which carries out laser oscillation is applied between p type semiconductor layer 101A and the top electrode 112, current will be poured into a barrier layer according to the switching effect of a transistor, and laser oscillation will become possible. Since such a drive method can control the oscillation of laser, and un-oscillating by switching of minute current, it can carry out laser oscillation of two or more light-emitting part 100A on one substrate 102 at high speed.

[0064] Here, the 2nd conductivity-type semiconductor layer 101B1 which functions as a bottom electrode layer of field luminescence type semiconductor laser needs to set resistance of the longitudinal direction to about several ohms. The reason is that generation of heat by this resistance cannot be disregarded if resistance of a \*\*\*\* and the 2nd conductivity-type semiconductor layer 101B1 has several 10ohms of about 50-100ohms of element resistance of light-emitting part 100A.

[0065] Depending on the thickness and carrier concentration of the layer, if the resistance of this 2nd conductivity-type semiconductor layer 101B1 has thick thickness, it can make carrier concentration low. Although the thickness of this 2nd conductivity-type semiconductor layer 101B1 is so good that it will thicken thickness if resistance is carried out from a viewpoint suppressed low, the part growth time becomes long and a problem produces it in mass-production nature and membranous crystallinity. When this point is taken into consideration, as an upper limit of the thickness of the 2nd conductivity-type semiconductor layer 101B1, 5 micrometers or less of things set to 3 micrometers or less still more preferably are good.

[0066] Next, the minimum of the thickness of the 2nd conductivity-type semiconductor layer 101B1 is decided by how much carrier concentration is made to an excess. When thickness of the 2nd conductivity-type semiconductor layer 101B1 is set to less than 1 micrometer, in order to make resistance low, the superfluous carrier concentration exceeding  $2 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$  is needed, and fear of crystal degradation becomes high. And since it will be generated also like 2nd conductivity-type semiconductor layer 101B-2 by the side of optical-resonator 100B formed of the same process, this crystal degradation leads to degradation of optical-current conversion efficiency of a photodiode. Therefore, the thickness of the 2nd conductivity-type semiconductor layer 101B1 is 1 micrometers or more.

[0067] If it says from a viewpoint which presses down resistance low and shortens growth time from the above consideration, as for the thickness of the 2nd conductivity-type semiconductor layer 101B1 of light-emitting part 100A, what is set as 2-3 micrometers is desirable.

[0068] In addition, it is desirable to make it 5 micrometers or less in consideration of mass-production nature and crystallinity also with the thickness of 1st conductivity-type semiconductor layer 101A. Moreover, if it is desirable to be referred to as 1 micrometers or more and it is less than this value, the problem on which generation of heat and current stop being able to flow easily will produce the thickness of this layer 101A.

[0069] Next, when the carrier concentration of 2nd conductivity-type semiconductor layer 100B1, 100B-2 was considered and thickness of the 2nd conductivity-type semiconductor layer 101B1 of light-emitting part 100A is set to 5 micrometers of the upper limit, carrier concentration required for the reduction in resistance is set to  $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ . On the other hand, when thickness of the 2nd conductivity-type semiconductor layer 101B1 is set to 1 micrometer of the minimum, in order to make resistance low, the carrier concentration of  $2 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$  is needed.

[0070] Therefore, when the thickness of the 2nd conductivity-type semiconductor layer 101B1 of light-emitting part 100A takes into consideration that it is 1 micrometer - 5 micrometers, as for the carrier concentration, it is desirable to be referred to as  $5 \times 10^{17}$ - $2 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ .

[0071] Furthermore, when referred to as 3 micrometers which the carrier concentration taken to secure low resistance when thickness of the 2nd conductivity-type semiconductor layer 101B1 of light-emitting part 100A is set to 2 micrometers which is the minimum of the more suitable range is  $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ , and is an upper limit, the carrier concentration is  $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ . Therefore, when thickness of the 2nd conductivity-type semiconductor layer 101B1 is set to 2-3 micrometers which is a more suitable range, as for the carrier concentration, it is desirable to be referred to as  $1 \times 10^{18}$ - $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ .

[0072] (Photodetection operation in the photodetection section) It is reflected with the object which should be measured and incidence of the laser beam by which outgoing radiation was carried out from light-emitting part 100A is carried out to photodetection section 100B. This photodetection section 100B constitutes the photodiode by the 1st, 2nd conductivity-type semiconductor layer 101A, and 101 B-2, and optical - current conversion is carried out in the depletion layer formed in the interface between this both layer 101A and 101 B-2. And light income can be outputted as an electrical signal using the electrode which is formed on 2nd conductivity-type semiconductor layer 101 B-2 of photodetection section 100B and which is not illustrated, and the electrode which is formed on pattern formation side 115b shown in drawing 1 and which is not illustrated.

[0073] Here, since 2nd conductivity-type semiconductor layer 101 B-2 of photodetection section 100B is formed in the same process as the layer 101B1 to which light-emitting part 100A corresponds, its carrier concentration in this layer 101 B-2 is comparatively high, and it serves as an above-mentioned value.

[0074] Then, at this example, by making thin thickness of 2nd conductivity-type semiconductor layer 101 B-2 in photodetection section 100B, the rate of an optical absorption is reduced and optical - current conversion efficiency is raised. In this example, the thickness of 2nd conductivity-type semiconductor layer 101 B-2 in this photodetection section 100B is set as less than 1 micrometer.

[0075] Drawing 6 is as a result of [ which shows the thickness of 2nd conductivity-type semiconductor layer 101 B-2 at the time of setting oscillation wavelength of a laser beam to 800nm, and setting high impurity concentration in 2nd conductivity-type semiconductor layer 101 B-2 to  $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ , and a relation with the photocurrent changed ] a simulation. The conversion efficiency of a photocurrent is so high that the thickness of 2nd conductivity-type semiconductor layer 101 B-2 is thin so that clearly from drawing 6 , it especially becomes 90% by 0.8 micrometers or less, and 95% of optical conversion efficiency can be obtained in 0.5 micrometers. If it says from this point, as for the thickness of 2nd conductivity-type semiconductor layer 101 B-2, it is preferably good to be referred to [ 0.8 micrometers or less ] as 0.5 micrometers or less still more preferably. In addition, as for this thickness, what is set to 0.1 micrometers or more is good. It is because the problem of generation of heat will arise that current cannot flow easily if less than 0.1 micrometers which is the minimum of thickness. And 100% of photocurrent is acquired in thickness 0.1 micrometers or more, and it is because a photoelectric conversion efficiency does not improve as a thin film which is less than 0.1 micrometers so that clearly from drawing 6 .

[0076] (Manufacture process) Next, the manufacture process of the field luminescence type semiconductor laser 100 shown in drawing 1 is explained. Drawing 3 (A) - (C) and drawing 4 (A) - (C) and drawing 5 (A), and (B) show the manufacturing process of field luminescence type semiconductor laser equipment equipped with the photodetection section.

[0077] p type GaAs layer 101A and n type Ga<sub>0.85</sub>Al<sub>0.15</sub>As layer 101B are grown epitaxially into the high resistance GaAs substrate 102, respectively, and are formed in it. Under the present circumstances, the thickness of n type Ga<sub>0.85</sub>Al<sub>0.15</sub>As layer 101B is formed by 1 micrometers or more, and is 5 micrometers or less preferably. Furthermore, the carrier concentration in n type Ga<sub>0.85</sub>Al<sub>0.15</sub>As layer 101B is  $5 \times 10^{17} - 2 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$  preferably, and is  $1 \times 10^{18} - 1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$  still more preferably. In addition, the 2nd conductivity-type semiconductor layer 101B1 of light-emitting part 100A is formed of an above-mentioned process.

[0078] Then, the DBR mirror 103 of 40 pairs which carries out the laminating of an n type aluminum<sub>0.15</sub>Ga<sub>0.85</sub>As layer and the n type aluminum<sub>0.8</sub>Ga<sub>0.2</sub>As layer by turns, and has 99.5% or more of reflection factor to the light near the wavelength of 800nm is formed as a lower mirror. furthermore, n[ after forming the n type aluminum<sub>0.7</sub>Ga<sub>0.3</sub>As layer (the 1st clad layer) 104 ]- type GaAs -- a well -- the barrier layer 105 of the quantum well structure (MQW) which carried out the laminating of a layer and the n- type aluminum<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>As barrier layer by turns is formed Then, the laminating of the p type aluminum<sub>0.7</sub>Ga<sub>0.3</sub>As layer (the 2nd clad layer) 106 and the p type aluminum<sub>0.15</sub>Ga<sub>0.85</sub>As layer (contact layer) 109 is carried out one by one (refer to drawing 3 (A)).

[0079] above-mentioned each class 101A and 101B and 103- 106 and 109 were grown epitaxially by the

organic-metal vapor-growth (MOVPE: Metal-Organic Vapor Phase Epitaxy) method 750 degrees C and the growth pressure were 150Torr(s), at this time, for example, growth temperature, the organic metal of TMGa (trimethyl zinc) and TMAI (trimethylaluminum) was used for the III group raw material, and it used DEZn (diethyl zinc) for V group raw material at H<sub>2</sub>Se and p type dopant at AsH<sub>3</sub> and n type dopant.

[0080] Ordinary-pressure heat CVD is used on an epitaxial layer after formation of each class, and it is about 250A SiO<sub>2</sub>. The protective layer I1 which consists of a layer is formed. The surface contamination in a process is prevented by covering the semiconductor layer to which the laminating of this protective layer I1 was carried out.

[0081] Next, it \*\*\*\*\*'s to the middle of the 2nd clad layer 106, leaving the field of the pillar-shaped portion 114 covered by the resist pattern R1, and photodetection section 100B, and forming a slot 110 in the circumference of the pillar-shaped portion 114 by the reactant ion-beam-etching (RIBE) method. By operation of this etching process, the pillar-shaped portion 114 has the same cross section as the profile configuration of the resist pattern R1 on it (refer to drawing 3 (B)). Moreover, in order to use the RIBE method, the side of the aforementioned pillar-shaped portion 114 is almost perpendicular, and does not almost have a damage to an epitaxial layer, either. As conditions for RIBE, it was referred to as power 150W of pressure 60mPa and input microwave, and cash-drawer voltage 350V, and the mixed gas of chlorine and an argon was used for etching gas, for example.

[0082] Then, the resist pattern R1 is removed and it is about 1000A SiO<sub>2</sub> to a front face at ordinary-pressure heat CVD. A layer (the 1st insulator layer) 107 is formed. For example, the substrate temperature of 450 degrees C was used as process conditions in this case, SiH<sub>4</sub> (mono silane) and oxygen were used as a raw material, and nitrogen was used for carrier gas. Furthermore, on this, the spin coat method is used and SOG (Spin on Grass) film 108L is applied, and by after that, for example, 80 degrees C, it bakes in 2 minutes at 150 degrees C for 1 minute, and bakes in 30 minutes and in nitrogen at 300 more degrees C (refer to drawing 3 (C)).

[0083] Next, SOG film 108L and SiO<sub>2</sub> Flattening was carried out so that the etching back of the film 107 might be carried out and it might become flat-tapped with the front face of the exposed contact layer 109 (refer to drawing 4 (A)). The reactive-ion-etching (RIE) method which used the parallel plate electrode is adopted as etching, and they are SF<sub>6</sub> and CHF<sub>3</sub> as reactant gas. And it was used combining Ar.

[0084] Next, it leaves light-emitting part 100A pillar-shaped, and the circumference is \*\*\*\*\*'ed to the boundary of the lower mirror 103 and its lower layer n type Ga0.85aluminum0.15As layer 101B. If it puts in another way, etching for exposing the front face of n type Ga0.85aluminum0.15As layer 101B around light-emitting part 100A will be performed.

[0085] For this etching, a protective coat I2 (for example, SiO<sub>2</sub>) is formed, and the resist pattern R2 is formed in light-emitting part 100A to which it should not \*\*\*\*\*', and the field which counters (refer to drawing 4 (B)).

[0086] Next, as shown in drawing 4 (C), n type Ga0.85aluminum0.15As layer 101B is \*\*\*\*\*'ed to the optimal thickness for the photodetection of photodetection section 100B only about photodetection section 100B and the field which counters. For this reason, the resist pattern R2 is formed in light-emitting part 100A and the field which counters. Furthermore, the field which forms electrode pattern formation side 115a behind is covered, and the resist pattern R3 is formed. By this etching, less than 1 micrometer of 0.8 micrometers or less of n type Ga0.85aluminum0.15As layer 101B-2s which are an element which constitutes a photodiode from photodetection section 100A can be preferably formed in thickness 0.1 micrometers or more by 0.5 micrometers or less still more preferably.

[0087] Next, as shown in drawing 5 (A), a level difference side is formed by etching, each class is exposed to p type GaAs layer 101A and n type Ga0.85aluminum0.15As layer 101B1,101 B-2, and the electrode pattern formation sides 115a, 115b, and 115c are formed in them, respectively. Electrode pattern formation side 115a is formed in the n type Ga0.85aluminum0.15As layer 101B1, and the electrode pattern for contacting the n type Ga0.85aluminum0.15As layer 101B1 which is a lower electrode layer is formed behind. Electrode pattern formation side 115b is formed on p type GaAs layer

101A of photodetection section 100B. Furthermore, electrode pattern side 115c is formed on p type GaAs layer 101A by the side of light-emitting part 100A.

[0088] Furthermore, in order to insulate electrically 1st conductivity-type semiconductor layer 101A of light-emitting part 100A and photodetection section 100B, and 2nd conductivity-type semiconductor layer 101B, 101B-2s of light-emitting part 100A and photodetection section 100B, etching removes each class 101A and 101B in both boundary portion, and the separation slot 116 is formed. Although it is desirable to use dry etching in formation of this separation slot 116, since the interface in this separation slot 116 does not have influence in luminescence and light-receiving, it can also be formed with wet etching or a dicing saw. Moreover, it replaces with the insulation by the separation slot 116, and an impurity, for example, a proton, or oxygen ion may be introduced into the above-mentioned boundary portion with an ion implantation, and you may insulate.

[0089] Next, the top electrode 112 which contacts the contact layer 109 and in the shape of a ring was formed by the well-known lift-off method (refer to drawing 5 (B)). The contact layer 109 is exposed through the circular opening 113 of the top electrode 112, and a dielectric multilayer reflecting mirror (up mirror) 111 is formed by the well-known lift-off method or the etching method so that this exposed surface may fully be worn (refer to drawing 5 (B)). An electron-beam-evaporation method is used for the up mirror 111, and it is SiO<sub>2</sub>. 7 pair laminating of the 2O<sub>5</sub> layers of the Ta is carried out to a layer by turns, for example, and it is formed, and has 98.5 - 99.5% of reflection factor to the light near the wavelength of 800nm. The vacuum evaporation speed at this time is SiO<sub>2</sub>. 5A a part for /and 2O<sub>5</sub> layers of Ta considered as a part for 2A/.

[0090] According to the above process, the field luminescence type semiconductor laser with the photodetection section shown in drawing 1 is completed.

[0091] Drawing 7 shows an example of the membrane formation equipment which can carry out the firm measurement of the reflection factor of an epitaxial layer into a crystal growth on the occasion of operation of the MOVPE method of drawing 3 (A). In the MOVPE equipment which used the horizontal-type water-cooled coil, this membrane formation equipment loses the water-cooled tube portion of the growth substrate upper part, and is characterized by structure with the nonreflective aperture which can put in light on a growth substrate from the coil exterior.

[0092] That is, when this MOVPE equipment lets water pass inside around the coil 210 which has gas supply section 210a and gas eccentric section 210b to which material gas is supplied, the cooling section 212 which cools a coil is formed. The susceptor 214 for laying Substrate S in the interior of a coil 210 is formed, and the surveillance aperture 216 is formed in coil 210 wall surface of the portion which faces the substrate installation side of this susceptor 214. The light source 218 and a light sensitive cell 220 are installed above the surveillance aperture 216, the light by which outgoing radiation was carried out from the light source 218 reaches the substrate S on a susceptor 214 through the surveillance aperture 216, and the reflected light is constituted so that a light sensitive cell 220 may be again reached through the surveillance aperture 216.

[0093] And the light from the light source 218 is set up so that incidence may be mostly carried out to a perpendicular (a maximum of 5 degrees) on Substrate S, and it can measure change of the reflection factor of the epitaxial layer generated simultaneously, growing epitaxially on Substrate S by measuring the reflected light by the light sensitive cell 220.

[0094] Drawing 8 shows with-time change of the reflection factor of an epitaxial layer in the process which carries out MOVPE growth of 2nd conductivity-type semiconductor layer 101B and the DBR mirror 103 which constitute the field luminescence type semiconductor laser equipment of this example using the membrane formation equipment shown in drawing 7. A horizontal axis shows the growth time of an epitaxial layer, and the vertical axis shows the reflection factor. Similarly, drawing 9 shows the relation of the thickness and the reflection factor in the membrane formation process of 2nd conductivity-type semiconductor layer 101B in drawing 8.

[0095] The reflection factor is changing repeating periodically between the maximal value (about 32%) of a reflection factor, and the minimal value (about 30%), since it returns to the same reflection factor for every lambda/2n thickness etching when 2nd conductivity-type semiconductor layer 101B sets to

lambda wavelength which carries out a monitor and the refractive index of 2nd conductivity-type semiconductor layer 101B is set to n, as shown in drawing 9. This reflection factor profile is not dependent on crystal-growth speed or growth time, and is dependent only on the thickness of 2nd conductivity-type semiconductor layer 101B. Therefore, the thickness of 2nd conductivity-type semiconductor layer 101B is strictly controllable by carrying out the monitor of this reflection factor profile.

[0096] In addition, when the 1st and the 2nd conductivity-type semiconductor layers 101A and 101B were formed by p type and n type GaAs, respectively as above-mentioned, between the maximal value (about 32%) of a reflection factor and the minimal value (about 31%) was repeated periodically, the difference of the maximal value and the minimal value is smaller, and the bird clapper became clear. Therefore, when employing an above-mentioned monitor, it is desirable to change the quality of the material or composition among both layers, and to enlarge a difference of a reflection factor more.

[0097] On the other hand, a reflection factor decreases as membrane formation of the lower mirror 103 is shown in drawing 8 and thickness will increase, if the laminating of the aluminum0.8Ga0.2As of the low refractive index n1 is carried out at first on 2nd conductivity-type semiconductor layer 101B. Since point-of-inflection \*\* can be gone if thickness is set to  $(\lambda/4n_1)$ , the monitor of this point of inflection is carried out, and it changes to \*\*\*\* of aluminum0.15Ga0.85As of the high refractive index n2. And although the reflection factor increases if the thickness of an aluminum0.15Ga0.85As layer increases, since point-of-inflection \*\* will be reached if thickness is set to  $(\lambda/4n_2)$ , it changes to \*\*\*\* of aluminum0.8Ga0.2As of the low refractive index n1 again. By repeating this operation, a DBR mirror is changed while the reflection factor repeats a low reflection factor and a high reflection factor, and the reflection factor increases it.

[0098] This reflection factor profile is not dependent on crystal-growth speed or growth time, and is dependent only on the thickness of each class. Therefore, the DBR mirror 103 in which each class had the thickness  $(\lambda/4n)$  as theoretical is obtained by changing aluminum composition of a layer which carries out a laminating in the point of inflection (primary differential value 0) of a reflection factor profile, and growing epitaxially by turns the layer from which a refractive index is different.

[0099] Furthermore, since the reflection factor of DBR mirror 103 the very thing can be measured in a crystal growth, the number of pairs of the DBR mirror 103 can be changed during layer formation, or optimization of structure can be achieved.

[0100] Moreover, compared with the membrane formation method of managing the conventional growth time, a throughput can produce a crystal-growth substrate with sufficient repeatability by the high method from it carrying out based on the growth rate of each class measured from point of inflection, and the thickness of each class above the DBR mirror 103 being controlled. The DBR mirror with 99.5% or more of reflection factor required for a field luminescence type laser element was actually obtained with the sufficient controllability by the growth method of this example.

[0101] In addition, the above-mentioned thickness-control method can be used not only for the MOVPE method but for other the membrane formation processes, for example, MBE method etc., etc.

[0102] Next, in case the RIBE method is adopted as drawing 4 (B) and (C), the example which used the means which carries out the monitor of the reflection factor mentioned above is described.

[0103] Here, in the case of this etching, in order to obtain correctly the thickness of n type Ga0.8aluminum0.15As layer 101 B-2 which is the 2nd conductivity-type semiconductor layer of photodetection section 100B, the etching system shown in drawing 10 is used.

[0104] Drawing 10 is the schematic diagram of the RIBE equipment which can measure the reflection factor of an epitaxial layer, \*\*\*\*\*ing.

[0105] The vacuum pump 232 with which this RIBE equipment constitutes the plasma room 240 and an exhaust air means in an etching chamber 230 is connected. An etching chamber 230 has the electrode holder 234 for laying Substrate S in the position which counters the aforementioned plasma room 240. This electrode holder 234 is formed in attitude freedom through the load lock chamber 250. It is prepared in the position where the surveillance apertures 236 and 238 counter the side attachment wall by the side of the plasma room 240 of an etching chamber 230. And the reflective mirrors M1 and M2 of

a couple are formed on the line which connects the aforementioned surveillance apertures 236 and 238 in an etching chamber 230. The light source 226 is installed in a way outside one surveillance aperture 236, and the light sensitive cell 228 is installed in the way outside the surveillance aperture 238 of another side. Moreover, the gas supply sections 246 and 248 for the plasma room 240 supplying the microwave induction 244 and reactant gas to the plasma room 240 are connected. And the magnet 242 is formed in the circumference of the plasma room 240.

[0106] In this RIBE equipment, while \*\*\*ing the crystal layer formed on Substrate S by the usual method, the light irradiated from the light source 226 is irradiated on Substrate S through the surveillance aperture 236 and the reflective mirror M1; and the monitor of the reflection factor of the crystal layer on Substrate S can be carried out by measuring the reflected light by the light sensitive cell 228 through the reflective mirror M1 and the surveillance aperture 238.

[0107] Drawing 11 shows with-time change of the reflection factor of each class at the time of \*\*\*ing using the etching system which shows n type Ga0.85aluminum0.15As layer 101B and the DBR mirror 103 to drawing 10. This drawing 11 is the same as that of what made reverse the time-axis of drawing 8 which shows an epitaxial growth process. Therefore, the etching end point at the time of exposing the front face of 2nd conductivity-type semiconductor layer 101B is strictly controllable by carrying out the monitor of the reflection factor profile to be shown in drawing 4 (B). The thickness management for \*\*\*ing 2nd conductivity-type semiconductor layer 101B of drawing 4 (C) furthermore performed after that to predetermined thickness is also strictly controllable.

[0108] And in this example, since the monitor of the reflection factor profile at the time of the membrane formation can be beforehand carried out in case each class shown in drawing 3 (A) is grown epitaxially, it becomes possible to reach DBR mirror 103 and to control strictly etching of 2nd conductivity-type semiconductor layer 101B using the reflection factor profile at the time of this membrane formation. Moreover, etching based on this reflection factor profile is applicable also to etching of each class of the upper part of the DBR mirror 103.

[0109] (Application to a position detection sensor) Drawing 12 shows the example which applied the semiconductor laser equipment 100 with the photodetection section concerning the above-mentioned example to the position detection sensor. According to this sensor, the crevice 302 is formed in the candidate 300 for detection which should detect a position. The laser by which outgoing radiation was carried out from light-emitting part 100A is reflected in this crevice 302 and the other field, and the reflected light is detected in two photodetections sections 100B prepared in the circumference of light-emitting part 100A. By the way, light-emitting part 100A and photodetection section 100B are correctly arranged in patterning precision on the same substrate 102. Therefore, the position of the measuring object 300-ed is detectable by carrying out the monitor of the rate of the light income of the reflected light detected in this two photodetections sections 100B. When photodetection section 100B is one, the light income detected in the one photodetection section 100B can detect the position of the measuring object 300-ed.

[0110] (Application to a pressure sensor) Drawing 13 shows the example which applied the semiconductor laser equipment 100 with a detecting element concerning this example to the pressure sensor. the variation rate displaced with the pressure which this laser equipment 100 is arranged on a pedestal 400, and acts -- the member 402, for example, a metal thin film, is arranged on the pedestal 400 through the elastic body 404, for example, rubber In this pressure sensor, like the case of the position detection sensor shown in drawing 12 , the laser by which outgoing radiation was carried out is reflected with the rear face of the metal thin film 402, and the reflected light is detected by two or more photodetection section 100B from central light-emitting part 100A. And the size of the pressure which acts on the metal thin film 402 is detectable by carrying out the monitor of the rate of the light income detected in two or more of these photodetection section 100B.

[0111] (Use of the photodetection section as an object for monitors) Photodetection section 100B can also be used in order to carry out the monitor of the intensity of the laser beam by which outgoing radiation is carried out from light-emitting part 100A. Generally, cap closure of this kind of semiconductor laser is carried out. In this case, the glass window for optical ejection formed in the cap is

processable so that about 1% of light may be turned to photodetection section 100B and it may be made to reflect. And it is reflected with a cap's glass window and the laser beam by which outgoing radiation was carried out from light-emitting part 100A can detect the reflected feeble light in photodetection section 100B. Under the present circumstances, if the intensity of the detected reflected light falls, it will be judged as the loss of power of semiconductor laser, and the automatic control of an optical output will become possible by passing many current to semiconductor laser by the APC (auto power control) circuit.

[0112] In addition, this invention is not limited to the above-mentioned example, and deformation implementation various by within the limits of the summary of this invention is possible for it. The semiconductor laser equipment with the photodetection section of this invention can be applied not only to what is applied to an above-mentioned position detection sensor, a pressure sensor, etc. but to a high electrical transmission speed light fiber link, a high-speed light coupler, an optical drive, optical space electrical transmission, an optical pickup, etc. What is necessary is just to determine whether insulate electrically light-emitting part 100A and photodetection section 100B in the separation slot 116 etc. according to these uses.

[0113] Moreover, not only a thing but other various deformation implementation performed in the procedure shown in drawing 5 from drawing 3 or sequence is possible for this invention method. For example, you may \*\*\*\*\* the epitaxial layer by the side of photodetection section 100B simultaneously at the time of etching for forming the pillar-shaped portion 114 of drawing 3 (B). Then, the epitaxial layer of the remainder by the side of photodetection section 100B which reaches DBR mirror 103 and contains 2nd conductivity-type semiconductor layer 101B can also be continuously \*\*\*\*\*ed until the thickness of predetermined 2nd conductivity-type semiconductor layer 101 B-2 is obtained. Furthermore, process sequence can also be replaced, for example, such as performing the up electrode 112 of drawing 5 (B), and the formation process of a dielectric multilayer reflecting mirror 111 in front of the process of drawing 4 (A).

[0114]

---

[Translation done.]